

Aplicação da ACV-Análise Ciclo de Vida, de Soluções Construtivas Simples de Alvenaria

JOAQUIM LEANDRO GUEDES NEVES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Hipólito Sousa

JULHO DE 2016

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2015/2016

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2015/2016 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2016*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

*Science is but a perversion of itself unless it has as its ultimate goal the betterment of
humanity.*

Nikola Tesla

AGRADECIMENTOS

Gostaria em primeiro lugar de agradecer aos meus pais e avós, que me permitiram chegar onde estou hoje, com sacrifício, esforço e pondo sempre os filhos em primeiro lugar, sacrificando-se em prol da geração que lhes segue.

Além do investimento de tempo e espírito dos meus pais, gostaria também de agradecer ao meu irmão, irmã, tia e avós que me criaram desde pequeno e me deram as bases morais que me permitiram evoluir constantemente e adquirir um talento inato para a flexibilidade social.

Como não seria a pessoa que sou sem a minha família, também não teria chegado onde cheguei sem os amigos que conheci ao longo do meu percurso, como tal gostaria de agradecer a todos os meus amigos que me acompanham desde o início do meu percurso académico no ISEP até à conclusão aqui na FEUP. Um grande obrigado a todas essas pessoas que me ajudaram a ultrapassar as alturas mais adversas, que foram meus companheiros de estudo, meus companheiros de aventura e meus companheiros de diversão

Quero demonstrar ainda um carinho especial pela organização BEST, porque além do que ela representa para mim e as experiências que me proporcionou, sejam elas de aprendizagem ou lazer, o sentimento mais forte reside nas pessoas que a constituem, entre elas um carinho especial reservado para os campistas, Obrigado.

Um grande obrigado a todos os professores desta instituição pela transmissão da sua experiência de vida na sala de aula na tentativa de me preparar para o mundo do trabalho.

Obrigado ao professor Hipólito Sousa meu orientador, que me procurou guiar neste fim de percurso, com a sua experiência e sabedoria, apontando-me para a direção correta quando me encontrava perdido.

Obrigado ao engenheiro Rui Sousa e à professora Ana Dias pela sua disponibilidade quando necessitava de ajuda.

Mais uma vez gostaria de deixar um agradecimento mais carinhoso à minha tia, que desde pequeno até muito recentemente me acompanhou, que me criou, me proporcionou muitas alegrias e que foi uma segunda mãe para mim, em sua memória, um obrigado especial e sentido, obrigado.

RESUMO

As alvenarias continuam a ser uma solução interessante, e muito utilizada na construção de edifícios em Portugal assim como noutros países. Como todos os materiais utilizados na construção, também a alvenaria tem sido alvo de importantes evoluções.

No âmbito da sustentabilidade na construção tem sido realizado um esforço para diminuir a pegada ambiental desta atividade. Trata-se dum tema ainda difícil, podendo recorrer-se a diversas ferramentas para identificar os maiores impactes e como podem ser minimizados. A avaliação de ciclo de vida é uma metodologia que nos permite analisar as emissões geradas pela produção, utilização e destruição de determinado produto, acompanhando todas as etapas da sua vida, o que permite saber todos os recursos utilizados, assim como as suas emissões. Este método permite ainda criar outros documentos como a declaração ambiental do produto. As declarações ambientais do produto são reguladas por normas internacionais, que incluem o desempenho ambiental, assim como a sua descrição e emissões geradas nas diferentes etapas.

Esta dissertação faz a interligação entre paredes de alvenaria em pano simples, avaliação de ciclo de vida e declarações ambientais do produto. Enquadra-se o problema e utiliza-se o método de avaliação de ciclo de vida que permite obter valores das emissões geradas com a produção de determinado produto, tendo em conta o processo de criação e todos os seus *inputs* e *outputs*. Assim recorrendo ao programa Open LCA fez-se uma avaliação de ciclo de vida exemplo, baseada nas bases de dados fornecidas por programas, através das quais foi elaborada uma declaração ambiental do produto modelo. Após a exemplificação do método de avaliação de ciclo de vida, propôs-se a criação do modelo de declaração ambiental do produto, baseada no DAPHabitat.

Tendo por base esta metodologia comparam-se dois materiais de construção para alvenaria em pano simples, baseados nos valores obtidos nas declarações ambientais do produto, o que permite facilitar a escolha do utilizador.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Avaliação de Ciclo de Vida, Declaração Ambiental do Produto, Paredes de alvenaria simples, Pegada ambiental.

ABSTRACT

In the current days, masonry still is a very interesting solution that is used for buildings construction in Portugal as other countries as well. Same as every material used in construction, masonry is also being a target of an important progress.

Recently, regarding sustainability issues, it has been made an effort to reduce the environmental footprint in this activity. It's still a very difficult theme, but it's possible to use a great number of tools to identify the biggest impacts to the nature, and how to reduce them. Life cycle assessment is a methodology that allows the analysis of a product, that results on the amount on the amount of emissions that are generated during the phases of production, use and destruction of a certain product. Providing information of all the product's life, which allows us to know all the resources that were used during the whole procedure. This tool also brings the possibility to create other documents like the environmental product declarations, that are normalized by international documents. These declarations have the description of the product, as well as the amount of emissions generated in its different phases.

This thesis connects simple walls made of masonry with life cycle assessment and environmental product declarations. It is used a life cycle assessment tool to obtain values of the generated emissions that result the production of a certain product, having in mind the creation process and all its inputs and outputs. This way, by using the program OPEN LCA, a life cycle assessment was produced as an example, using databases made available by the program itself, which allowed to create a model of an environmental product declaration, based on DAPHabitat.

Having this methodology as a starting point, two construction materials made of masonry for simple walls are compared, based on the values that were on the environmental product declaration, which facilitates the choosing process of the user.

Keywords: Sustainability, Life Cycle Assessment, Environmental Product Declaration, Simple walls of masonry, environmental footprint.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	v

1. INTRODUÇÃO... 1

1.1 ENQUADRAMENTO	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.3 ESTRUTURA.....	2

2. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....3

2.1 INTRODUÇÃO	3
2.2 ENQUADRAMENTO	3
2.3 ETAPAS DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	4
2.3.1 DEFINIÇÃO E ÂMBITO	4
2.3.1.1 AQUISIÇÃO DE DADOS	6
2.3.1.2 FRONTEIRAS DO SISTEMA	7
2.3.1.3 INPUTS E OUTPUTS.....	8
2.3.2 INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA	10
2.3.3 AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA	12
2.3.4 INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS	13
2.3.5 CONCLUSÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	14

3. PAREDES DE ALVENARIA EM PANO SIMPLES.....17

3.1 INTRODUÇÃO	17
3.2 ENQUADRAMENTO	17
3.3 CONSUMO DE ENERGIA NOS EDIFÍCIOS	18
3.3.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	19
3.3.1.1 MEIOS PASSIVOS	20
3.3.1.2 MEIOS ATIVOS	22

3.4 PAREDES DE ALVENARIA EM PANO SIMPLES	22
3.4.1 PROGRESSO DAS PAREDES DE ALVENARIA EM PANO SIMPLES	24
3.4.2 PERFORMANCE DAS PAREDES DE ALVENARIA.....	24
3.4.2.1 CONSTITUIÇÃO DAS PAREDES DE ALVENARIA	24
3.4.2.2 MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE UMA PAREDE SIMPLES DE ALVENARIA DE TIJOLO	25
3.4.2.3 MATERIAIS DE ALVENARIA.....	27
3.5 CONCLUSÕES	31

4. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COM BASE NO OPEN LCA.....33

4.1 INTRODUÇÃO	33
4.2 ENQUADRAMENTO	33
4.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE BLOCOS DE BETÃO	33
4.3.1 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO E DO ÂMBITO	34
4.3.2 INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA	36
4.3.2.1 BLOCOS DE BETÃO	37
4.3.3 AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA	37
4.3.3.1 CLASSIFICAÇÃO	37
4.3.3.2 CARACTERIZAÇÃO.....	38
4.3.3.3 CATEGORIAS DE IMPACTE	38
4.4 OPEN LCA.....	38
4.5 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA COM OPEN LCA.....	39
4.5.1 APLICABILIDADE.....	39
4.5.2 VANTAGENS E INCONVENIENTES	40
4.5.3 INTRODUÇÃO DE DADOS.....	40
4.6 DECLARAÇÃO AMBIENTAL DO PRODUTO	40
4.6.1 REGRAS DE CATEGORIAS DE PRODUTO	41
4.4.2 MODELO DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DO PRODUTO.....	41

5. MÉTODOS DE COMPARAÇÃO DE DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DO PRODUTO.....43

5.1 INTRODUÇÃO	43
5.2 ENQUADRAMENTO	43
5.3 MÉTODOS DE COMPARAÇÃO	43
5.3.1 COMPARAÇÃO POR MAGNITUDE.....	44

5.3.2 PESO DO IMPACTE	44
5.4 APLICAÇÃO A UM CASO PRÁTICO	45
5.4.1 VERIFICAÇÃO DE COMPARABILIDADE DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DO PRODUTO	45
5.4.2 BLOCOS DE TIJOLO	47
5.4.3 BLOCOS DE BETÃO CELULAR AUTOCLAVADO	47
5.4.4 COMPARAÇÃO DE VALORES	48
5.4.4.1 MAGNITUDE.....	48
6. CONCLUSÃO.....	51
6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	51
6.2 CONSIDERAÇÕES DO TRABALHO PRÁTICO	52
6.3 DESENVOLVIMENTO FUTURO.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
RESULTADOS DO PROJETO: EXTRAÇÃO.....	III
INTRODUÇÃO	III
VARIANTES DO PROJETO	III
CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA	III
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA	IV
RESULTADOS DO PROJETO: TRANSPORTE PARA PRODUÇÃO	IV
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA	IV
RESULTADOS DO PROJETO: PRODUÇÃO	V
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA	V
RESULTADOS DO PROJETO: TRANSPORTE PARA UTILIZAÇÃO	V
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA	V
RESULTADOS DO PROJETO: RESÍDUOS.....	VI
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA	VI

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Diagrama generalizado da Avaliação do ciclo de vida [3]	4
Figura 2 - Representação do sistema de fronteiras [7]	7
Figura 3 - Representação da informação a ter em conta para a Avaliação de Ciclo de Vida [7]	8
Figura 4 - Diagrama dos processos de ciclo de vida de um produto com inputs e outputs representativos [9].....	Erro! Marcador não definido. 5
Figura 5 - Trocas de energia em edifícios [12]	Erro! Marcador não definido. 8
Figura 6 - Impactes do produto nas suas diferentes fases de vida [15]	159
Figura 7 - Níveis de eficiência energética [16]	20
Figura 8 - Zonas de troca de energia na edificação [18]	182
Figura 9 - Estrutura em Alvenaria de tijolo em pano simples [19]	193
Figura 10 - Esquema de alvenaria simples [20]	203
Figura 11 - Marcação da 1ª fiada da parede de alvenaria [40]	Erro! Marcador não definido. 5
Figura 12 - Esquema de alvenaria simples [41]	226
Figura 13 - Esquema de alvenaria simples [41]	236
Figura 14 - Tijolo de alvenaria [23]	237
Figura 15 - Bloco de betão celular autoclavado [25]	258
Figura 16 - Bloco de betão leve [28]	30
Figura 17 - Diagrama da Avaliação de ciclo de vida realizado [30]	34
Figura 18 - Ícone do software OpenLCA [30]	39
Figura 19 – Valores da Declaração Ambiental do Produto obtida em OPEN LCA	41
Figura 20 - Fases de ciclo de vida incluídas na Declaração Ambiental do Produto dos blocos de betão celular autoclavado [30]	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de quantidades de valores utilizados como inputs por material	100
Tabela 2 - Resultados exemplo da execução de uma Avaliação de Ciclo de Vida	15
Tabela 3 - Valores dos inputs utilizados de bloco de betão correspondentes a 1 peça na fase de extração	366
Tabela 4 - Valores dos inputs utilizados de bloco de betão correspondentes a 1 peça na fase de produção	366
Tabela 5 - Valores utilizados no critério do peso ambiental.....	444
Tabela 6 - Fases do ciclo de vida incluídas na Declaração Ambiental do Produto de alvenaria de tijolo [30].....	466
Tabela 7 - Outputs declarados na Declaração Ambiental do Produto dos blocos de alvenaria de tijolo por impacte ambiental [30]	477
Tabela 8 - Valores dos fatores utilizados no critério do peso ambiental por unidade.....	477
Tabela 9 - Outputs declarados na Declaração Ambiental do Produto dos blocos de betão celular autoclavado por impacte ambiental [30]	477
Tabela 10 - Quantidade de emissões do impacte ambiental por unidade.....	48
Tabela 11 - Valores das magnitudes por impacte ambiental	48
Tabela 12 - Quantidade de emissões de ambos os materiais por unidade.....	48
Tabela 13 - Valores das magnitudes por impacte ambiental e quantidade de emissões por unidade do produto dos diferentes materiais	499
Tabela 14 - Quantidade de emissões por unidade de produto multiplicada pela sua respetiva magnitude	49
Tabela 15 - Quantidade de emissões por unidade de produto multiplicada pela sua respetiva magnitude	4949
Tabela 16 - Diferença percentual entre emissões do mesmo género e sua respetiva influencia no valor final demonstrado após multiplicação como seu fator de relevância.	500

1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Com registos dos níveis de poluição mais altos do que nunca no planeta e sem indícios de redução a curto prazo, a necessidade de implementar medidas que promovam a redução de emissões torna-se cada vez mais importante.

Sendo o sector de construção civil um dos maiores responsáveis pelo impacto ambiental que se tem vindo a registar, também nós, engenheiros civis, devemos ter em conta o ambiente que nos rodeia e promover com afincos a sustentabilidade.

Tendo em conta que num edifício as paredes exteriores são responsáveis por grande parte das permutas de energia entre o interior e o exterior, o tema de Avaliação de Ciclo de Vida e paredes de alvenaria simples em pano simples enquadram-se perfeitamente.

Assim sendo, ao longo desta dissertação, irá ser analisado um método que permite analisar e ajudar a promover a sustentabilidade, designado Avaliação de Ciclo de Vida que de uma forma muito rudimentar, consiste em analisar as emissões resultantes da criação de um produto.

Esta metodologia será aplicada a materiais de alvenaria utilizados em paredes simples, com o objetivo de demonstrar como este pode ser aplicado na engenharia civil com o intuito de elaborar uma Declaração Ambiental do Produto, documento a partir do qual serão realizadas comparações entre os diferentes materiais de alvenaria que consiste num dos principais objetivos para o desenvolvimento desta dissertação.

1.2 OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivos os seguintes tópicos:

- Desenvolvimento do tema Avaliação de Ciclo de vida em materiais de alvenaria simples;
- Aplicação da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida em materiais de alvenaria simples;
- Desenvolvimento dos resultados da avaliação, nomeadamente a Declaração Ambiental do Produto;
- Estabelecer critérios de comparação que permitam identificar qual a alternativa mais sustentável, com menor impacto no ecossistema;
- Perspetivas de redução da pegada ambiental com a aplicação desta metodologia.

1.3 ESTRUTURA

Esta dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos.

Sendo que o primeiro capítulo da introdução, em que se faz uma explicação sucinta sobre enquadramento e objetivos

O segundo capítulo explica o que é uma Avaliação de Ciclo de Vida, em que é que a mesma consiste e descreve-se as orientações que devem ser tidas em conta para a realização da mesma, tendo em atenção as normas existentes.

O terceiro capítulo, contempla uma abordagem ao material em estudo, nomeadamente alvenarias aplicáveis em paredes simples, descrição das alternativas mais relevantes assim como o seu processo de produção, que serve também como base para entender o processo de aplicação da metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida. É ainda abordado o tema da sustentabilidade e a sua relevância no sector da construção civil.

O quarto capítulo refere-se à aplicação da Avaliação de Ciclo de Vida a blocos de betão celular autoclavado, assim como uma breve introdução do programa utilizado para elaborar a Avaliação do Ciclo de Vida, suas funcionalidades e importância para a elaboração deste estudo.

No quinto capítulo podemos encontrar o desenvolvimento da metodologia de comparação entre Declarações Ambientais do Produto de materiais distintos.

O capítulo 6, sintetiza as considerações gerais e conclusões obtidas durante a elaboração da dissertação.

2

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

2.1 INTRODUÇÃO

Tendo em conta a evolução progressiva das emissões geradas pelo ser humano, o aumento da consciencialização da proteção ambiental, e dos possíveis impactes associados aos produtos produzidos é fundamental, uma das indústrias que provoca uma das maiores pegadas ambientais é a da construção, sendo essencial que esta evolua na direção da sustentabilidade.

Para cumprir esta meta, pode ser utilizada um método designado por Avaliação de Ciclo de Vida, que permite averiguar todos os consumos de um determinado material, ao longo da sua vida, cujos resultados têm inúmeras aplicações que permitem minimizar os impactes gerados e consciencializar os produtores e utilizadores da poluição e pegada ambiental dos produtos que tem vindo a ser cada vez maior.

2.2 ENQUADRAMENTO

Devido ao elevado nível de emissões não só na construção, mas também a nível global, tem vindo a revelar-se cada vez mais importante, a opção por sistemas sustentáveis. Esta forma de planear e executar tem como objetivo promover alterações conscientes, de forma a atender às necessidades de edificação do mundo atual, tendo em conta as necessidades das gerações futuras, sem comprometer a sua qualidade de vida ou privar da sua capacidade de subsistir com iguais requisitos.

Para ajudar a facilitar este processo de desenvolvimento sustentável, existe um método, cada vez mais difundido, designado de Avaliação de Ciclo de Vida que consiste numa análise de inputs e outputs de um determinado produto durante todo o seu ciclo de vida, desde a obtenção de matéria-prima até à fase de descarte, contendo assim informação de tudo que foi consumido, reaproveitado e desperdiçado na totalidade da vida útil do produto, permitindo uma monitorização da produção, tendo em conta os aspetos ambientais assim como os potenciais impactes.

Este sistema pode ainda ajudar a identificar oportunidades de melhoria ambiental, informar os responsáveis na indústria, associações governamentais e não governamentais com a intenção de adotar estratégias de planeamento, priorização e design. A Avaliação de Ciclo de Vida permite ainda a seleção de indicadores de desempenho ambiental relevantes, que incluem técnicas de medição e marketing.

Uma das peculiaridades que caracteriza este método é o facto de se basear em aspetos negativos, pois só são avaliados impactes ambientais e a sua pegada ambiental, sendo o único método ambiental que o faz e foca-se nos seguintes aspetos:

- Compra de matéria-prima;

- Processamento;
- Produção, montagem e transporte;
- Produto da vida útil;
- Gestão de resíduos/fim de vida.

Numa avaliação de ciclo de vida devidamente realizada, após serem considerados os pontos atrás referidos, os analistas podem calcular o impacto ambiental de um produto, os aspetos negativos do processo desse produto, encontrar oportunidades para melhorar o processo do produto assim como compara-los e analisa-los baseando-se no seu impacto, e por final após quantificação deste, o impacto, justificar a proposta de mudança ao processo do produto em prol da sustentabilidade

Na figura[1] pode-se visualizar o funcionamento base da Avaliação do Ciclo de Vida.[2]

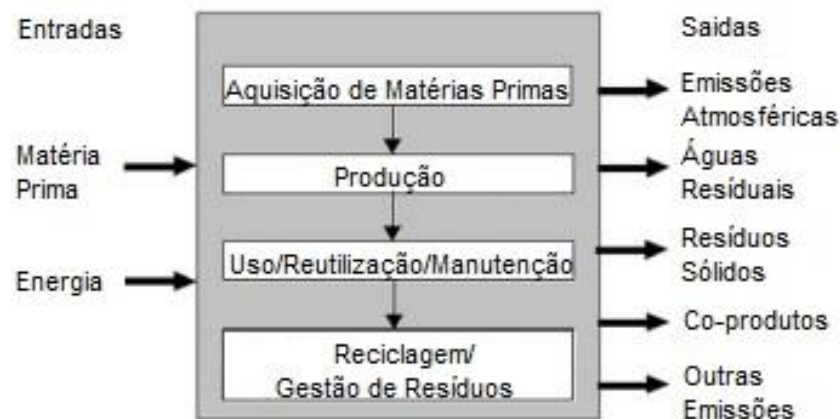


Figura 1- Diagrama generalizado da Avaliação do ciclo de vida [3]

2.3 ETAPAS DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

O método de execução da avaliação do ciclo de vida pode-se simplificar em cinco etapas principais, que podem representar uma ou mais fases de vida do produto.

Estas são:

- Definição e âmbito;
- Inventário do Ciclo de vida;
- Avaliação do inventário do ciclo de vida;
- Impacte da avaliação do ciclo de vida;
- Relatório final. [4]

2.3.1 DEFINIÇÃO E ÂMBITO

A primeira parte da avaliação é direcionada para tomada de decisões na indústria e políticas para gestores ambientais, fabricantes de produtos, estudantes e outros especialistas que trabalham com temas relacionados com problemas ambientais, e quando é desenvolvido o foco do projeto é necessário ter-se em consideração:

- Uma visão sobre os objetivos, características e componentes da avaliação do ciclo de vida;
- Fronteiras e aplicações da metodologia da avaliação do ciclo de vida;
- Proporcionar uma revisão de alguns desafios para serem resolvidos pelos especialistas com a finalidade de definir objetivos e compilação do Inventário do Ciclo de Vida.

Assim sendo, esta fase é determinada pelas necessidades de informação, especificação de dados e métodos de recolha para apresentação.

O objetivo aqui é fornecer uma descrição do sistema de um produto, as suas fronteiras e unidade funcional, sendo esta última, a base que permite bens e serviços serem devidamente comparados e analisados.

Pode incluir quantidade de materiais, métodos de entrega, o serviço que o produto vai fornecer, assim como a quantidade de material necessário a ser utilizado.

Os tópicos representados no quadro seguinte devem ser estudados com a finalidade de realizar esta primeira etapa da análise do Ciclo de Vida. [2, 4-6]

- **Objetivo da análise**
 - Informação disponível
 - Legislação corrente
 - Impacte ambiental dos produtos e processos
 - Falhas de informação
 - Composição do produto ou processo
 - Comparação com outros processos e procedimentos
- **Público-alvo**
 - Consumidor final
 - Entidades legisladoras
 - Recuperadoras
 - Partes interessadas
 - Fabrico
 - Recicladoras
- **Informação do processo ou procedimento**
 - Quantidades do produto
 - Identificação do produto ou processo mais amigável do ambiente
 - Resultados possíveis dos impactes
 - Materiais
 - Incluir toda a informação necessária
 - Possíveis alterações do procedimento/processo
- **Precisão de dados**
 - Tipo de dados
 - Especificações de dados
 - Quantidade de informação necessária
 - Limitações das fronteiras regionais
 - Dados disponibilizados
 - Verificar necessidade de informação adicional
 - Discrepâncias de dados
 - Equivalência de dados
 - Comparação de dados
- **Resultados e Interpretação**
 - Comparação de data dos produtos e processos
 - Unidades de Comparação
 - Informação necessária para obter resultados com precisão
 - Simplicidade dos dados
 - Falhas de informação

- **Regras base**

- Averiguar Pressupostos
- Garantia de qualidade
- Alinhamento de objetivos com o foco
- Implementação das regras base durante a recolha de dados[2, 4-6]

2.3.1.1 AQUISIÇÃO DE DADOS

Obter os dados necessários para uma avaliação de ciclo de vida pode ser uma tarefa árdua, pois as empresas dificilmente fornecem a informação suficiente para fazer a avaliação, principalmente devido a acordos duradouros com pacto de confidencialidade que podem trazer dificuldades em obter os dados necessários.

Para obter informação relevante, são necessárias várias bases de dados e aplicações de software que incluam dados baseados em observações, pesquisas de quantidades assim, como informações do produtor, usadas para calcular uma média nacional. Embora a utilização destas ferramentas de software possa ser muito útil, podem também trazer erros e incoerências aos dados que estão a ser analisados, como por exemplo, se a média a ser utilizada em vez de ser nacional for regional, ou apenas numa determinada área, os dados que vão ser analisados irão conter lacunas pois possivelmente não vai haver informação com precisão suficiente para ser realizada de forma pormenorizada, a avaliação de ciclo de vida, e é necessário explicar estas falhas no relatório final.

- Validação de dados

Tendo em conta as lacunas referidas que podem surgir, é importante não considerar apenas a origem da informação, mas também a sua validade, além de que a informação deve ser sempre atualizada, pois os processos de produção estão constantemente a ser alterados, logo os dados utilizados devem estar de acordo com a evolução desses processos. Para preencher falhas de informação pode ainda ser necessário realizar pesquisas sobre o processo.

- Disponibilidade de dados

Este é um dos fatores que varia entre continentes, países e até regiões. Entre os países que fornecem a informação estatística mais faziável podemos encontrar os Estados Unidos, Canada, Europa ocidental e Japão.

Estas informações estatísticas são importantes pois permitem que em zonas onde não existe essa informação disponível, se façam comparações aceitáveis com países semelhantes, mesmo que não se encontrem no mesmo continente. Estas comparações podem ser feitas com rigor aceitável se realizada uma análise crítica, tendo em conta alguns fatores como leis governamentais de produção e descarga de resíduos que podem tornar a comparação irrealista.

- Comparação de dados

Quando comparados vários conjuntos de dados, é importante que os parâmetros sejam equivalentes, pois se a informação não estiver no mesmo contexto, não pode ser devidamente analisado e comparado. Para evitar estes imprevistos, é necessário considerar a origem da informação, idade e tipo. Tem ainda de se ter em conta as informações com quantidades verificam se têm detalhe suficiente para caracterizar

o processo do produto e ao estabelecer a comparação, verificar se o detalhe dos dados recolhidos são semelhantes, ou se existe uma elevada discrepância entre eles. Caso exista um grande desfasamento entre os dados o analista deve garantir que a comparação é equivalente podendo optar por omitir informação do processo mais completo, assegurando contudo uma boa comparação.

- Indicadores de qualidade dos dados

Na avaliação do impacto do ciclo de vida de forma a calcular todo o impacto causado por todos os processos e materiais, é necessário ter informação da sua composição química.

Este indicador de impacto é obtido multiplicando o fator de caracterização pelos dados de inventário. Sendo o fator de caracterização um número de impacto atribuído a determinado material, normalmente baseados em informação europeia, e os dados de inventário a quantidade do material que foi produzida. [2, 4-6]

2.3.1.2 FRONTEIRAS DO SISTEMA

A Avaliação do Ciclo de Vida é realizada definindo sistemas de produto como modelos que descrevem elementos chave sob a forma física.

As fronteiras do sistema definem as unidades dos processos a serem incluídas no sistema, preferencialmente de uma maneira que os inputs e os outputs sejam discriminados, no entanto a sua quantificação não trás melhorias significantes que possam mudar as conclusões finais.

As escolhas dos elementos do sistema físico a ser modelados dependem do âmbito e objetivo do estudo em causa e quando estão a ser definidos devem ter tido em conta várias etapas do ciclo de vida, fluxos e processos de unidade que podem se verifica na figura 2.[2, 4, 6]

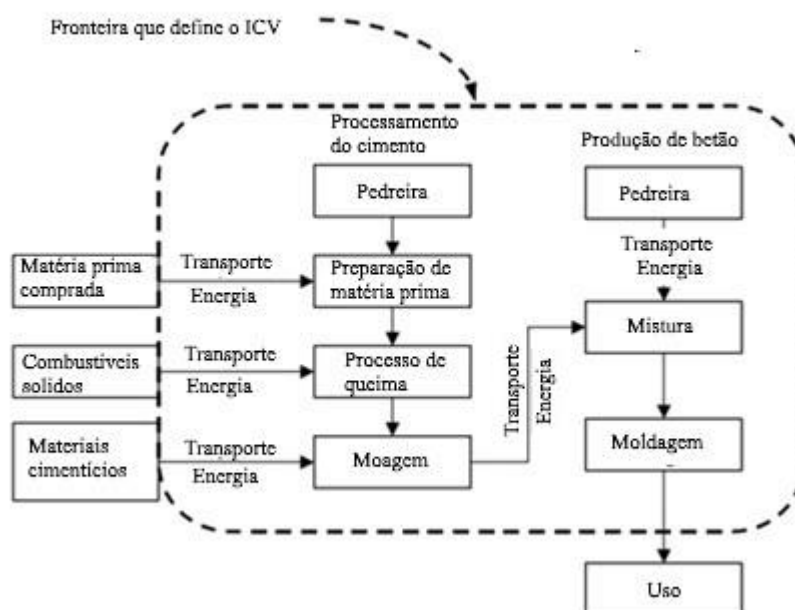


Figura 2 - Representação do sistema de fronteiras [7]

2.3.1.3 INPUTS E OUTPUTS

Quando se está a planear a avaliação de ciclo de vida é importante ficar muito claro quais são os inputs e os outputs do processo do produto.

Os inputs incluem energia e matéria-prima enquanto os outputs incluem vários tipos de produtos e desperdícios, como pode ser observado na figura 3.

Assim sendo esta secção contém detalhes dos inputs e outputs que devem ser considerados para fazer a Avaliação de Ciclo de Vida, que podem ser encontrados em bases de dados e diversos softwares.

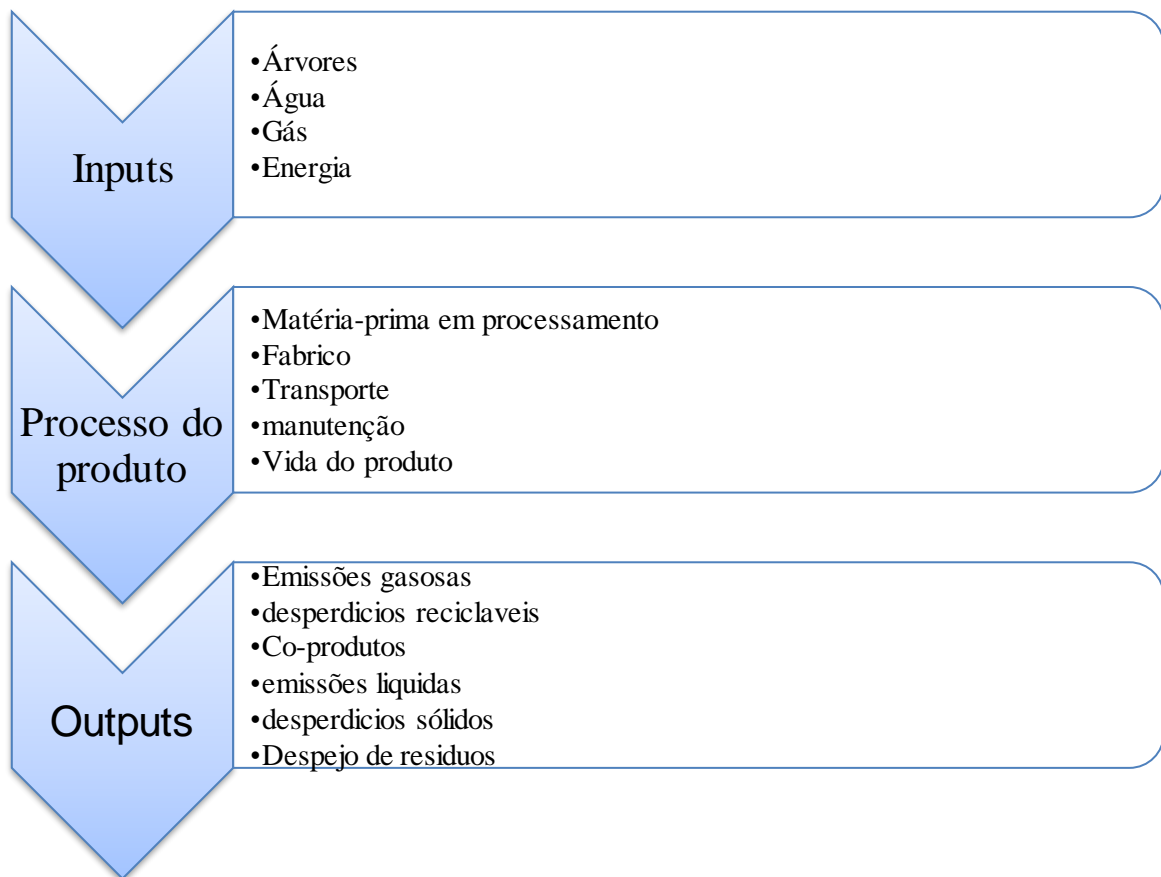


Figura 3 - Representação da informação a ter em conta para a Avaliação de Ciclo de Vida [7]

Com a finalidade de clarificar o que pode ser considerado inputs e outputs, pode-se ter em conta a seguinte listagem ao analisar este tipo de sistemas:

- **Inputs**
 - Energia
 - Transporte;
 - Processos;
 - Subsistemas;
 - Combustão;
 - Pré-Combustão;
 - Fontes de Energia.

- Água
 - Sem usos benéficos.
- Casos especiais
 - Recursos para equipamentos de processos;
 - Recursos complicados de inserir na especificação dos processos;
 - Funcionários (não inclui desperdícios ou energia);
 - Problemas de funcionários menos eficientes;
 - Eliminação incorreta de desperdícios;
 - Eliminação e reciclagem ilegal deve estar presente no relatório final.
- **Outputs**
 - Energia
 - Transporte;
 - Processos;
 - Subsistemas;
 - Combustão
 - Pré-Combustão;
 - Fontes de Energia.
 - Água
 - Sem usos benéficos.
 - Impactes ambientais
 - Emissões atmosféricas;
 - Descargas na água;
 - Resíduos sólidos;
 - Comparação de riscos perigosos e não perigosos;
 - Classificação de perigo;
 - Emissões acidentais.
 - Casos especiais
 - Recursos para equipamentos de processos;
 - Recursos complicados de inserir na especificação dos processos;
 - Funcionários (não inclui desperdícios ou energia);
 - Problemas de funcionários menos eficientes;
 - Eliminação incorreta de desperdícios;
 - Eliminação e reciclagem ilegal ilegalmente deve estar presente no relatório final.

No que diz respeito aos impactes ambientais, existem ainda alguns aspetos que merecem ser salientados:

- Emissões atmosféricas
 - Devem ser relatadas sob unidade mássica tanto no input como no output;
 - Normalmente apenas alguns dos materiais regulamentados estão sujeitos a monitorização do governo;
 - Devem conter as emissões mais comuns assim como compostos orgânicos voláteis;
 - Regularmente é excluído o vapor de água e monóxido de carbono;
- Descargas na água
 - Devem ser relatadas sob a forma de unidade mássica;
 - Incluir emissões sobre combustões fósseis e processos.

- **Resíduos sólidos**
 - Incluem todo o material sólido descartado dentro do sistema;
 - Relatório é apresentado em unidade mássica;
 - Dividem-se em desperdícios Industriais, processo, combustível e pós-consumidor.

[2, 4-6]

Na tabela 1 podemos verificar de que forma os inputs são introduzidos na Avaliação de ciclo de vida.

Tabela 1 – Tabela de quantidades de valores utilizados como inputs por material

Consumo de recursos	Family [2in1]
Petróleo(MJ)	3,850
Carvão(MJ)	3,380
Lignite(MJ)	24,900
Gás natural(MJ)	30,300
Ferro(kg)	0,232
Barro(kg)	1067
Inertes(kg)	332
Calcário(kg)	1,480
Agregados naturais(kg)	20,300
Cloreto de sódio(kg)	0,193

2.3.2 INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

O Inventário do ciclo de vida é o processo responsável por quantificar todos os inputs e outputs de um processo ou um produto, de forma a obter o maior detalhe e precisão possível.

Aqui deve ser realizado um trabalho minucioso e detalhado, resultado de uma grande pesquisa e procura de informação, pois existem inúmeros aspetos relevantes que se devem ter em conta.

Esta etapa é completada através da informação obtida em diagramas de processamento, recolha de dados e avaliação dos mesmos.

Aqui o foco é a metodologia utilizada para estimar o consumo de recursos e as quantidades desperdiçadas e emissões causadas ou derivadas do produto durante o seu ciclo de vida.

Neste processo são quantificados todos os inputs e outputs de um produto que esteja a ser analisado. Durante o Inventário do ciclo de vida são ainda desenvolvidas comparações do impacto ambiental e potenciais melhorias a aplicar ao processo do produto, sendo assim um método bastante útil para encontrar oportunidades para aumentar a eficiência ambiental assim como desenvolver novos regulamentos.

Para realização do Inventário do Ciclo de Vida, deve-se ter em consideração os aspetos referidos no quadro abaixo.

- **Fluxo do processo**
 - Inputs energéticos;
 - Matéria-prima;
 - Meio de transporte;
 - Distância de transporte;

- Quantidade do produto;
- Peso de transporte;
- Produto Final;
- Subprodutos;
- Desperdícios industriais;
- Duração da produção;
- Flutuação de produção;
- Impacte de utilização do produto;
- Eliminação de Resíduos;
- Impactes da eliminação de resíduos;
- Consumo de energia na utilização;
- Materiais consumidos na utilização.
- **Reunião de Informação**
 - Tipo de informação;
 - Indicadores de qualidade de informação;
 - Listas de gestão relevantes;
 - Qualidade da informação;
 - Criação de dados e precisão;
 - Áreas de decisão;
 - Fronteiras do sistema;
 - Tipo de informação utilizados;
 - Qualidade das informações medidas;
 - Possíveis Omissões;
 - Apresentação de resultados;
 - Objetivo do inventário;
 - Foco geográfico;
 - Procedimentos de recolha de dados;
 - Repetição de resultados;
 - Métodos de recolha de dados;
 - Sensibilidade da informação;
 - Inventário de dados;
 - Partilha de toda a informação;
 - Exclusão informação possivelmente fora do âmbito;
 - Exclusão de informação incluída na análise de sensibilidade;
 - Exclusão de certos tipos de inputs.
- **Resultados**
 - Fronteiras;
 - Bases de comparação;
 - Impactes ambientais;
 - Processos de contribuição;
 - Tendências de resultados;
 - Recomendações relativas aos impactes ambientais;
 - Limitações geográficas;
 - Sumário claro dos resultados;
 - Organização da informação por ciclo de vida.[4-7]

2.3.3 AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

A avaliação do Inventário do Ciclo de Vida, é a forma como se interpreta o processo do produto na avaliação do ciclo de vida tendo em conta o seu impacto na vida humana e ambiente, abordando conceitos complexos como a escassez dos recursos e possíveis efeitos negativos na saúde pública, analisando os métodos de produção, assim sendo a avaliação do ciclo de vida considera todos os dados da avaliação do Inventário do ciclo de vida atribuindo-lhe uma base de comparação com outros produtos semelhantes.

De forma a calcular os impactes ambientais de acordo com a norma 14042[42], é necessário percorrer determinados passos quando se faz a Avaliação do Inventário, do Ciclo de Vida sendo estes classificação, caracterização e categorias de impacte.

Esta etapa da avaliação é onde se aproveita toda a informação adquirida na avaliação do inventário e dando-lhe um sentido, serve de base para comparação futura.

De forma a calcular os impactes na vida humana e no ambiente, também esta fase tem um conjunto de tópicos que devem ser abordados baseados nas normas ISO 14042[42]:

- **Categorias dos impactes**
 - Aquecimento global
 - Acidificação
 - Efeitos na vida humana
 - Efeitos na fauna
 - Efeitos no ecossistema
 - Alterações na flora
 - Sustentabilidade em recursos materiais
- **Resultados da categorização**
 - Aquecimento global
 - Categorização do inventário do ciclo de vida
 - Fatores de conversão
 - Fatores dos impactes
- **Comparações do impacte**
 - Comparação de ciclos de vida individuais
 - Comparação de ciclos de vida globais
 - Indicadores de localização
 - Indicadores de indústria
 - Indicadores de processo
 - Indicadores de produto
 - Indicadores de fabricante
- **Potenciais impactes importantes**
 - Divisão por gravidade
 - Divisão por características
 - Peso dos potenciais impactes
- **Resultados**
 - Precisão
 - Conclusões
 - Recomendações
 - Limitações

- Presunções
- Incertezas[4, 5]

2.3.4 INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

As Avaliações de Ciclo de Vida são feitas de forma a analisar o ciclo de vida de forma sistemática desde as matérias primas até descartar o produto. Deve-se ter em conta que estes dados são estatísticos e que para serem devidamente obtidos, algumas etapas foram provavelmente não consideradas por falta de informação, pelo que devem ser referidos, pois apesar de não serem evidenciados nos relatórios finais, por falta de informação, continuam a ser um fator influente na poluição gerada.

Estas interpretações devem ainda, como referido anteriormente, ser comparadas com parâmetros semelhantes.

Após a realização das análises e avaliações anteriores, chega-se ao momento fulcral da questão, interpretar os dados obtidos, com a finalidade de concretizar a avaliação do ciclo de vida com resultados palpáveis e comparáveis resultando em propostas de melhoria.

Considerando a importância e rigor destes resultados finais, deve se ter em conta os seguintes fatores:

- **Resultado final**
 - Verificação de consistência
 - Averiguação de progresso e finalização
 - Avaliação da sensibilidade
 - Averiguação da consistência da Avaliação do inventário
 - Expectativas dos resultados
 - Discrepâncias dos resultados
 - Verificação de anomalias
 - Verificação de finalização
 - Verificação da sensibilidade
- **Conclusões**
 - Problemas mais significantes
 - Comparação de dados
 - Diferenças entre dados
 - Impactes ambientais
 - Impactos na saúde
 - Magnitude do impacto
 - Condicionamentos de fronteiras
- **Limitações**
 - Estimativas
 - Pressupostos
 - Especificações dos resultados
 - Observações
 - Recomendações
- **Recomendações**
 - Disponibilidade de informação
 - Alterações no produto ou processo
 - Manter os objetivos iniciais

- Manter o âmbito inicial
- **Relatório de informação**
 - Informação da administração
 - Objetivo
 - Âmbito
 - Recolha de dados
 - Métodos de recolha de dados e resultados
 - Resultados
 - Pressupostos
 - Limitações
 - Conclusões
 - Revisão em grupo
 - Comentários e recomendações do avaliador[4, 5]

2.3.5 CONCLUSÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A conclusão da Avaliação de Ciclo de Vida pode levar ao desenvolvimento de inúmeros documentos e declarações, com resultados concretos sobre o impacto ambiental que está a ser gerado por determinado produto, e identificar quais as componentes e em que fase são gerados os resíduos mais tóxicos para o meio ambiente.

Estes resultados permitem a atuação da produtora sobre as fases de produção mais gravosas, assim como facilita a escolha do utilizador final, tendo em conta o impacto ambiental.

Após concretização dos passos anteriores, a avaliação do ciclo de vida permite um conhecimento aprofundado sobre os efeitos dos procedimentos ou processos estudados e os efeitos que estes vão ter sobre a economia e o ambiente.

A concretização e desenvolvimento da avaliação do ciclo de vida tem-se tornado cada vez mais complicada, devido ao agravamento das condições ambientais, mas estas dificuldades fazem com que a sua realização seja ainda mais importante, pois é um método indispensável para analisar impactos ambientais e comparar os efeitos ambientais dos procedimentos e processo.

Através da execução da avaliação do ciclo de vida cada vez mais corrente no conceito empresarial, este método tem vindo a ser um fator muito influente em mudanças positivas a nível global, no que diz respeito ao ambiente e à sustentabilidade.

No capítulo seguinte serão abordados os tópicos sobre os quais estes métodos serão utilizados.

Podemos tirar o exemplo do funcionamento da metodologia utilizada tendo em conta o diagrama representado na figura 4. Cujos valores que representam as emissões responsáveis pelos diversos impactos ambientais, obtidos através da Avaliação de Ciclo de Vida são sintetizados como pressuposto na tabela 2.

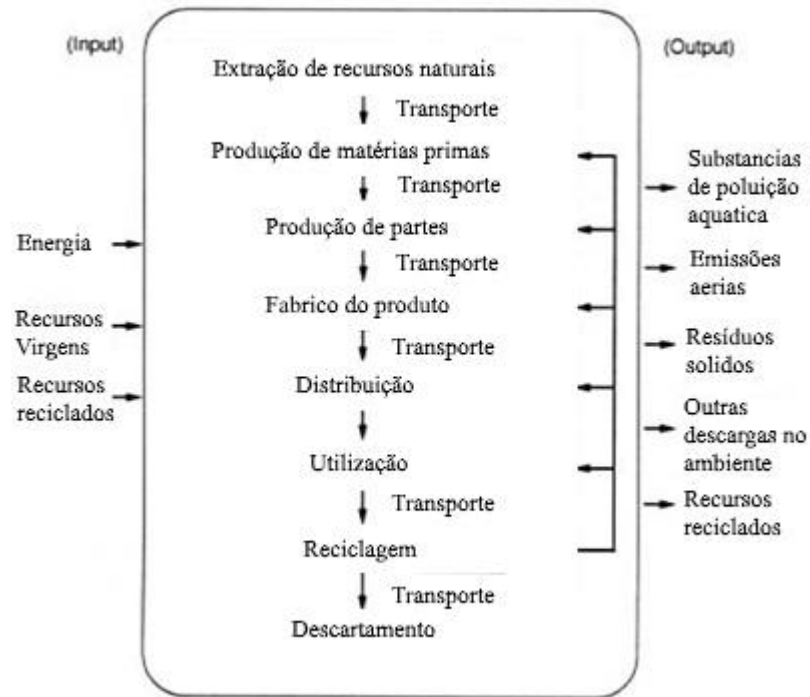


Figura 4 - Diagrama dos processos de ciclo de vida de um produto com inputs e outputs representativos [9]

Tabela 2 - Resultados exemplo da execução de uma Avaliação de Ciclo de Vida [10]

Categoria de Impacto	Aquecimento	Bombagem	Embalamento	Iluminação	Limpeza	Refrigeração
Total	0.48	0.04	6.13 E-3	0.05	2.49 E-3	0.19
Potencial de aquecimento global	1.05E-5	1.08E-7	2.1E-6	1.12E-7	5.28E-7	4.75 E-7
Radiação	0	8.32 E-7	3.86 E-6	8.62 E-6	5.18 E-7	3.67 E-6
Camada do Ozono	0	1.01 E-8	9.61 E-8	1.05 E-8	1.17 E-7	3.67 E-6
Ecotoxicidade	0	3.31 E-5	1.05 E-4	3.31 E-5	7.58 E-5	1.14 E-4
Acidificação	3.53 E-3	3.19 E-6	8.03 E-5	3.43 E-6	5.28 E-5	1.46 E-5
Utilização de território	0	3.61 E-5	8.82 E-4	1.59 E-5	3.74 E-5	1.59 E-4
Minerais	0	1.82 E-5	4.08 E-5	1.89 E-5	4.48 E-5	8.04 E-5
Combustíveis fósseis	0	1.08 E-4	3.44 E-3	1.12 E-4	1.13 E-3	4.78 E-4

3

PAREDES DE ALVENARIA EM PANO SIMPLES

3.1 INTRODUÇÃO

As paredes de alvenaria são das mais utilizadas pelo Homem na construção há mais de 4000 anos, como tal representa um grande marco da Humanidade e da sua evolução na construção civil.

Todo este processo tecnológico de construção não estagnou desde à 4000 anos atrás, e tem desde então vindo a ser desenvolvido, desde a forma como são dimensionados, até ao processo de construção, principalmente desde a revolução industrial.[11]

Embora na atualidade o dimensionamento continue a ter alguns avanços, o verdadeiro desafio encontra-se nos métodos de produção, para por um lado obter as melhores condições de conforto dentro de casa, e por outro lado construir com um material sustentável que ofereça as mesmas condições, não danifique o meio ambiente e a sua utilização seja eficiente na obra.

Assim sendo, neste capítulo irão ser abordadas algumas questões de sustentabilidade, assim como diferentes tipos de parede de alvenaria, processos de criação e seus constituintes.

3.2 ENQUADRAMENTO

Devido ao facto da elaboração da tese ser realizada tendo em conta a Avaliação do Ciclo de Vida em paredes de alvenaria em pano simples, este capítulo irá ser elaborado uma pequena introdução sobre questões relacionadas com a sustentabilidade e a importância das paredes na mesma.

De forma a elaborar a Avaliação do Ciclo de Vida é essencial ter conhecimento aprofundado sobre os métodos de produção dos diferentes tipos de alvenarias, com a finalidade de encadear os processos de vida útil do material em análise. Neste capítulo irão ser pormenorizados os processos de construção de algumas das suas variantes mais relevantes, para estabelecer a cadeia de processos na Avaliação do Ciclo de Vida.

3.3 CONSUMO DE ENERGIA NOS EDIFÍCIOS

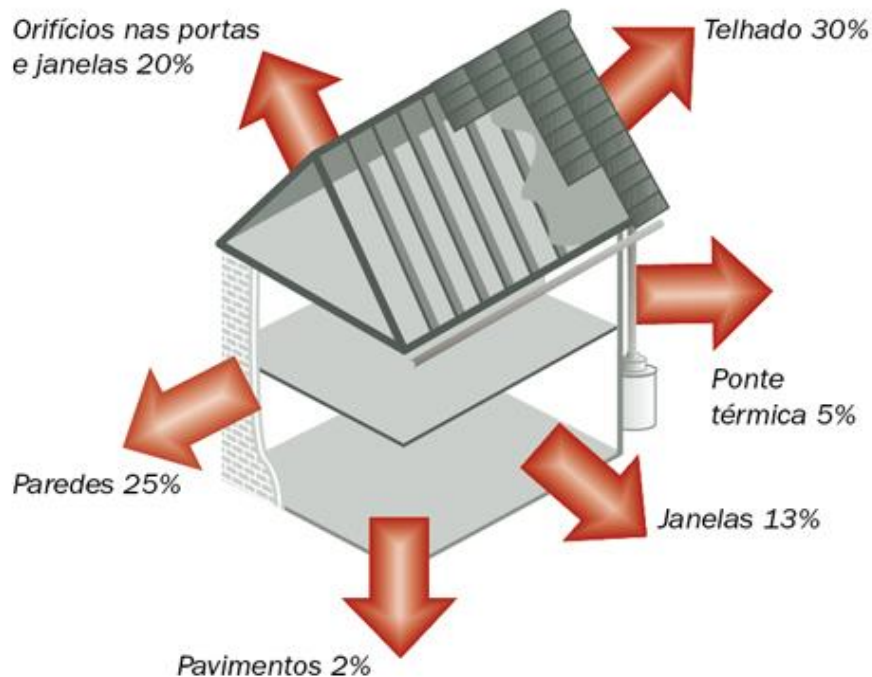


Figura 5 - Trocas de energia em edifícios [12]

Os edifícios são os maiores consumidores de energia a nível mundial. Isto verifica-se devido ao aumento da população e crescimento económico, sendo expectável que estes fatores continuem a aumentar, de forma proporcional ao crescimento do consumo energético.

Desta forma é necessário melhorar a performance energética no sector, procurando alternativas energeticamente mais eficientes e sustentáveis.

Como podemos ver na figura 5 acima representada, as trocas de energia representam uma grande parte das trocas de energia com o exterior, assim sendo, a evolução das paredes da alvenaria atualmente visa reduzir os consumos energéticos nos edifícios, porque estes representam uma grande percentagem do consumo energético nacional devido ao facto do ser humano passar grande parte do seu dia-a-dia em edifícios, seja em casa, a trabalhar ou a conviver.

Sendo as paredes exteriores uma das superfícies responsáveis por algumas das maiores perdas e ganhos de calor, em que todas estas perdas e ganhos representam custos e gastos de energia, ao melhorarmos as características mecânicas dos diversos materiais a ser utilizados assim como a interação entre eles, iremos obter reduções importantes no consumo energético nacional e no particular, além de que significa que nos encontramos um pouco mais perto de obter produtos e casas sustentáveis.

O conceito de construção sustentável surgiu na primeira conferência mundial sobre construção sustentável, tendo em consideração os princípios da utilização eficiente de recursos e ecológicos. Desta forma e com a intenção de implementar medidas na conceção, operação, construção e desativação de forma ecológica promovendo a eficiência de recursos, foram concebidos 6 princípios base sobre os quais se rege a construção sustentável:

- Redução dos consumos de energia;
- Preferência por materiais e produtos de construção ecológicos;

- Redução dos consumos de água;
- Promoção da correta utilização e manutenção das construções;
- Redução, reutilização e reciclagem dos resíduos da construção;
- Garantir a durabilidade da construção.

Estes novos princípios alteram a forma como a construção era pensada e executada, deixando de ter em conta apenas fatores como o tempo da construção, o custo e qualidade e ter preocupações como emissões de poluentes e saúde. Na figura 6 podemos observar os diferentes impactos gerados no ciclo de vida de um produto. [13, 14]

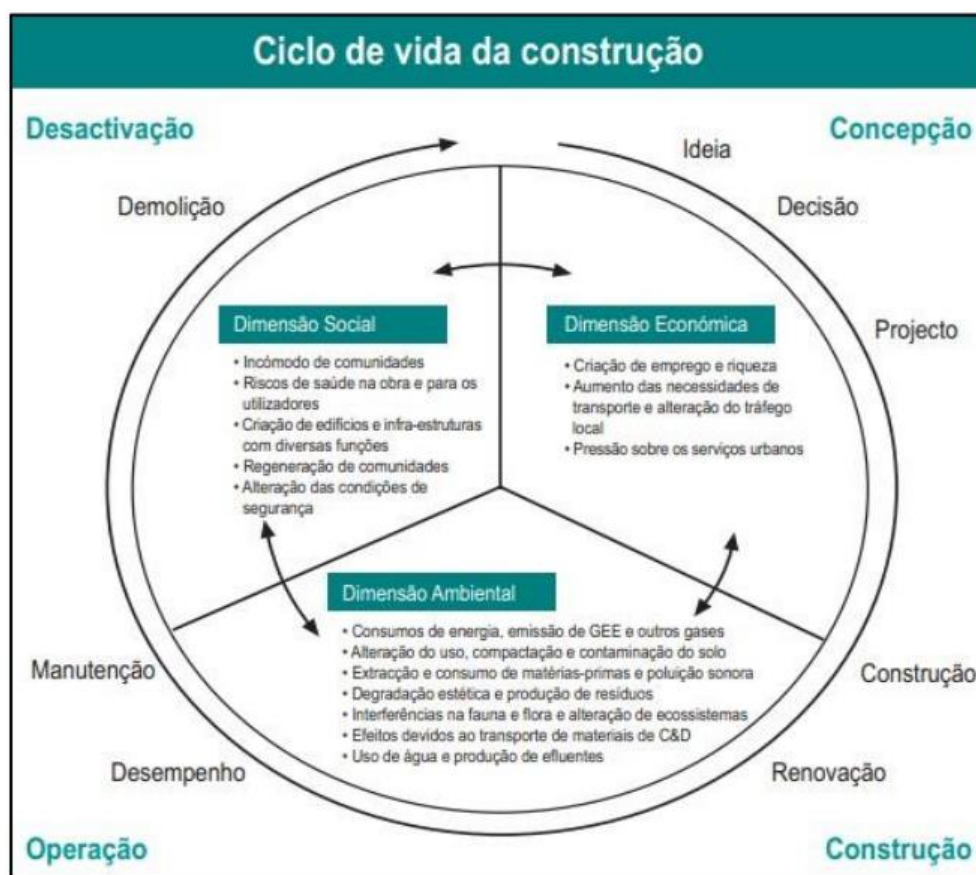


Figura 6 - Impactes do produto nas suas diferentes fases de vida [15]

3.3.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Com o aumento do consumo da energia que se reflete num incremento proporcional nos impactes ambientais, exige-se que um dos objetivos constantes da sociedade de melhorar a qualidade de vida aumentando o conforto nas edificações, se torne cada vez mais eficiente. Por essa razão os produtos desenvolvidos pela indústria da construção são cada vez mais exigentes, para atender ao mercado, pois a eficiência energética nas edificações é um dos indicadores do seu desempenho quando se fala em construções sustentáveis tendo em conta o elevado consumo energético dos edifícios e a quantidade necessária para alimentar a edificação.

Na imagem 7 podemos verificar os diferentes níveis energéticos existentes



Figura 7 - Níveis de eficiência energética [16]

A importância da eficiência energética na construção sustentável tem várias vantagens como:

- Reduzir o custo da operação;
- Reduzir a probabilidade de falta de energia;
- Reduzir a necessidade de investimentos do sector público em geração e transmissão;
- Ajudar as indústrias e os produtos nacionais a competirem no mercado mundial;
- Reduzir os impactos ambientais, sociais e reduzir o impacto no consumo de recursos naturais cada vez mais escassos. [17]

Desta forma, é possível apercebermo-nos de como a eficiência energética ajuda a preservar o meio ambiente, e garantir o maior princípio da sustentabilidade, permitindo às gerações futuras a capacidade de satisfazer as suas próprias necessidades.

Para garantir a eficiência energética é possível utilizar princípios passivos ou ativos. Estes, devem ser otimizados tendo em conta os parâmetros de conforto definidos para a utilização dos espaços interiores, nomeadamente a temperatura ambiente.

Para se obter uma temperatura próxima da definida por estes parâmetros pode-se recorrer a meios passivos ou ativos.

3.3.1.1 MEIOS PASSIVOS

Os meios passivos são considerados para proteção e regulação dos fluxos térmicos, que poderão potencialmente ser criados através da envolvente dos edifícios, com recurso à aplicação de um conjunto de princípios ao projeto do edifício e das soluções construtivas minimizem as necessidades de aquecimento e arrefecimento, sem consumo adicional de energia, e são pensados para diferentes etapas da sua vida e temos por exemplo:

- **Conceção**
 - Aproveitamento da radiação solar;
 - Aproveitamento da pluviosidade;
 - Aproveitamento dos ventos predominantes;
 - Otimização da orientação e dimensão de vãos envidraçados;
 - Otimização da geometria de forma;
 - Eficiência energética na utilização futura;

- Recurso a sistema de sombreamentos passivos e ativos;
 - Utilização da ventilação natural para arrefecimento e renovação do ar;
 - Recurso a espécies vegetais para proteção de vento e pluviosidade;
 - Recurso a sistemas de aproveitamento de águas pluviais;
 - Implementação de sistemas passivos de energia;
 - Avaliação de conforto ambiental estimado;
 - Avaliação do ciclo de vida da construção;
 - Avaliação por simulador das soluções construtivas;
- **Construção**
 - Postura ambiental;
 - Procedimentos e rotinas sustentáveis;
 - Recurso a isolamento térmico e acústico exterior;
 - Seleção de eco materiais e ecoprodutos;
 - Recurso a sistemas autónomos de admissão de ar;
 - Estudo e avaliação das alternativas de execução;
 - Seleção dos materiais superficiais exteriores de acordo com as Características acústicas;
 - Redução dos resíduos e impactes;
 - Segurança, higiene e saúde no trabalho;
- **Operação**
 - Manual de utilização e manutenção de edifícios;
 - Listagem de materiais, produtos e fornecedores;
 - Regulação dos sistemas de proteção solar;
 - Regulação da ventilação natural;
 - Monitorização ao nível da eficiência;
 - Controlo do uso dos espaços;
- **Desativação**
 - Manual de procedimentos;
 - Desativação Listagem de materiais e produtos reutilizáveis e recicláveis;
 - Listagem de resíduos a eliminar;

[14]

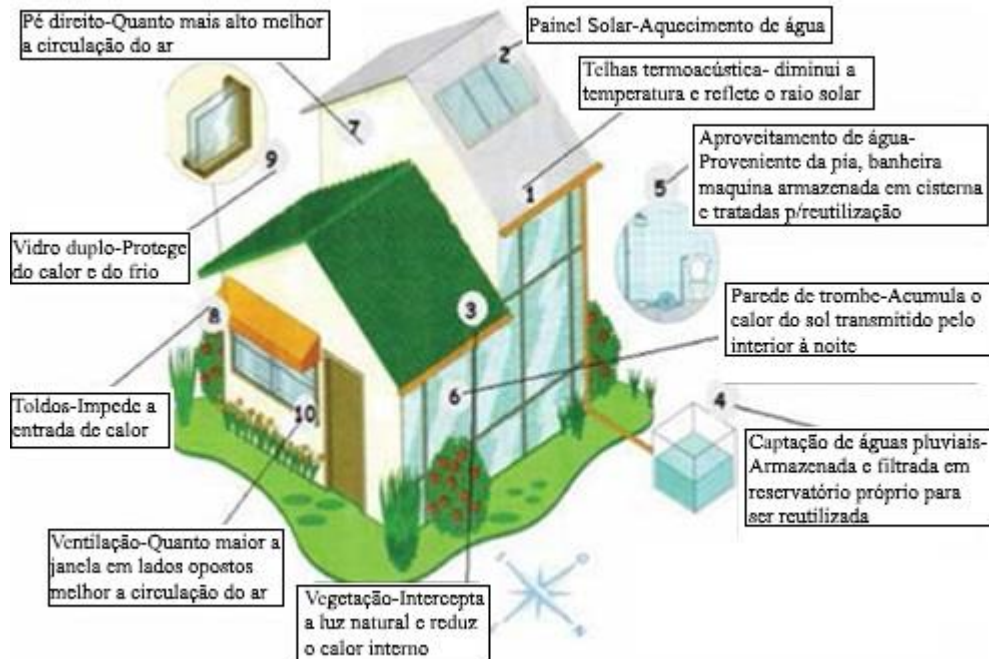


Figura 84 - Zonas de troca de energia na edificação [18]

3.3.1.2 MEIOS ATIVOS

Os meios ativos correspondem à utilização de equipamentos com o objetivo de cumprir as necessidades de aquecimento e arrefecimento dos espaços habitados, consumindo a energia necessária ao seu funcionamento. Procurando observar o princípio de que a melhor eficiência energética reside na ausência de necessidade de consumo de energia, ou seja, que a energia mais eficiente é aquela que não necessita de consumir, parece evidente que a utilização de solução de eficiência na proteção térmica passiva, será a melhor medida a longo e médio prazo. [14]

3.4 PAREDES DE ALVENARIA EM PANO SIMPLES

No que diz respeito à alvenaria, a sua função tem vindo ao longo do tempo a ter uma função secundária na construção de um edifício, tendo sido praticamente utilizada como preenchimento. Pelo menos até à saída do Eurocódigo 6, que permite explorar a alvenaria como material com função estrutural.

A alvenaria é uma das soluções mais utilizadas na Europa e frequente na maioria dos países.

Assim como a utilização das paredes de alvenaria que tem vindo a evoluir, as soluções das mesmas estão sujeitas a um estudo e evolução contínua, principalmente no que diz respeito a alvenaria em pano simples.



Figura 9 - Estrutura em Alvenaria de tijolo em pano simples [19]

A razão pela qual as soluções de pano simples têm sido cada vez mais exploradas, deve-se ao simples facto de que é possível combinar a maior parte dos benefícios das paredes duplas com o das simples, através da melhoria continua dos materiais utilizados, é possível, com uma parede em pano simples obter um conforto térmico, acústico, com características semelhantes, enquanto que a realização das paredes é muito mais simples e mais rápida, permitindo assim ao dono de obra poupar tempo e dinheiro.

Estas novas soluções têm uma aplicação importante na construção de novos edifícios, realizadas normalmente com grande espessura, na envolvente, para cumprir os requisitos térmicos, que no entanto, se assemelham ao das paredes duplas.

Em Portugal o uso de paredes de alvenaria tem sido limitado à construção de paredes não estruturais, maioritariamente paredes divisórias e da envolvente, no entanto recentemente tem havido um esforço que resultou no aparecimento de algumas soluções de paredes de alvenaria com função estrutural.

As alvenarias apesar de terem inúmeras soluções construtivas, são constituídas sobretudo por cerâmico de barro vermelho, betão celular autoclavado ou betão leve com agregados de argila expandida.[20]

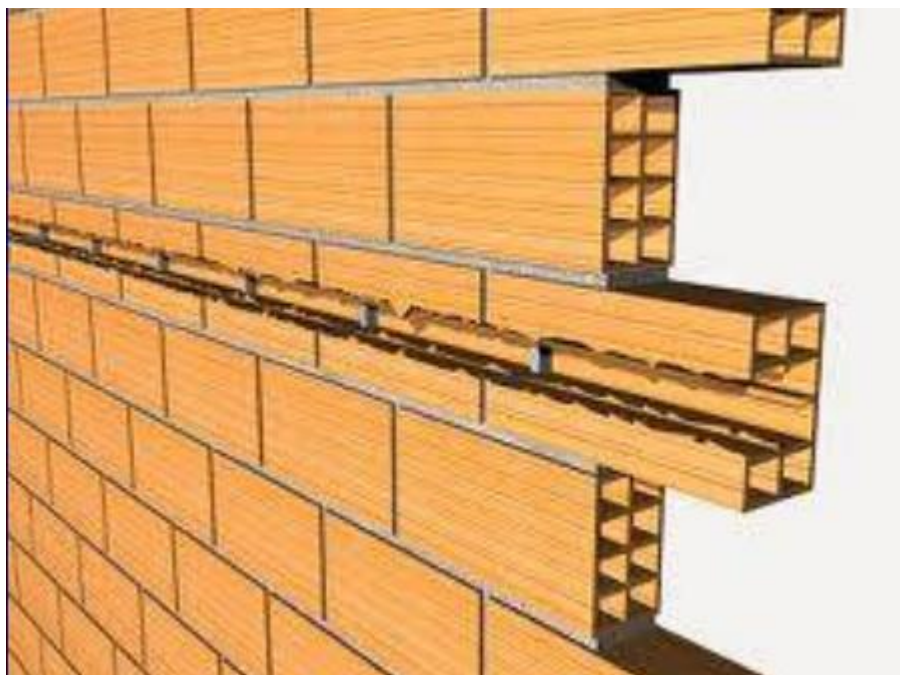


Figura 10 - Esquema de alvenaria simples [20]

3.4.1 PROGRESSO DAS PAREDES DE ALVENARIA EM PANO SIMPLES

As soluções de parede de alvenaria simples têm, nos últimos anos, vindo a ser objeto de estudo com a intenção de desenvolver novos processos construtivos, para a melhoria da qualidade e redução de custos na construção, principalmente através da utilização de materiais leves.

Estas soluções têm sido cada vez mais utilizadas internacionalmente e Portugal não é exceção. O mercado percebeu as vantagens da utilização da alvenaria em pano simples com isolamento pelo exterior, e cada vez mais está a tornar-se numa tendência.

De forma a demonstrar a viabilidade das novas tecnologias associadas às paredes de alvenaria simples, após uma breve introdução, vão ser apresentadas de seguida algumas soluções de paredes em pano simples e estabelecer algumas comparações com paredes duplas.[20]

3.4.2 PERFORMANCE DAS PAREDES DE ALVENARIA

Existem vários motivos que condiciona o desempenho e o comportamento das paredes entre os quais temos:

- Tipo de argamassa do assentamento;
- Método de assentamento da parede;
- Ligação entre o pano e a estrutura;
- Tipo de revestimento da parede;
- Isolamento térmico;
- Elementos complementares;
- Estanquidade;
- Localização da parede;
- Posição da parede em relação ao solo.[21]

3.4.2.1 CONSTITUIÇÃO DAS PAREDES DE ALVENARIA

Existem vários elementos que constituem as paredes de alvenaria, entre os quais podemos identificar:

- Argamassas de assentamento, colagem e revestimento
Este material é enquadrado pela norma EN 998-2[43]. É uma pasta maleável e homogénea que é utilizada para unir os blocos de alvenaria, como tijolo e cimento, e permite fechar as aberturas entre os mesmos.

Normalmente realizados em obra ou em fábrica, são constituídos por uma areia específica para o efeito desejado, água e pelo cimento Portland, o mais comum para o efeito, podem ainda conter adições e adjuvantes para obter o comportamento desejado.
- Alvenaria
Os blocos de alvenaria podem ser constituídos por diversos materiais como tijolo, betão e pedra, e são normalmente utilizados em construções com grande duração, no entanto a forma como são colocados e unidos alteram significativamente a sua durabilidade.
- Isolamento térmico
O isolante térmico, é um material que dificulta a dissipação do calor graças à sua resistência térmica, estabelecendo uma barreira à passagem do calor entre dois meios diferentes. É um dos

componentes mais importantes, pois apesar da sua reduzida espessura, é responsável por grande parte do isolamento do edifício e consequentemente da sua eficiência energética atual em edifícios. Normalmente aplicado pelo exterior, como o cada vez mais corrente, o método ETICS, que consiste na fixação de placas de poliestireno expandido (EPS) pelo exterior com cola e depois fixado mecanicamente depois aplicando ainda ligantes armados com fibra e um revestimento no final.[20]

3.4.2.2 MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE UMA PAREDE SIMPLES DE ALVENARIA DE TIJOLO

A construção deste tipo de paredes de alvenaria divide-se em várias etapas. Para garantir que estas são realizadas corretamente, temos as seguintes etapas de execução com as suas respectivas técnicas de execução:

- Marcação da 1ª fiada
 - Marcação com bate-linhas no pavimento conforme o projeto de execução;
 - Molhagem prévia de tijolos a assentar com a finalidade de evitar a absorção de água de amassadura;
 - Aplicação de uma camada de argamassa e da 1ª fiada, implantando as secções angulosas e de extremidade (incluindo aberturas);
 - Completar os alinhamentos retos;
 - Verificação de ortogonalidade com esquadro.

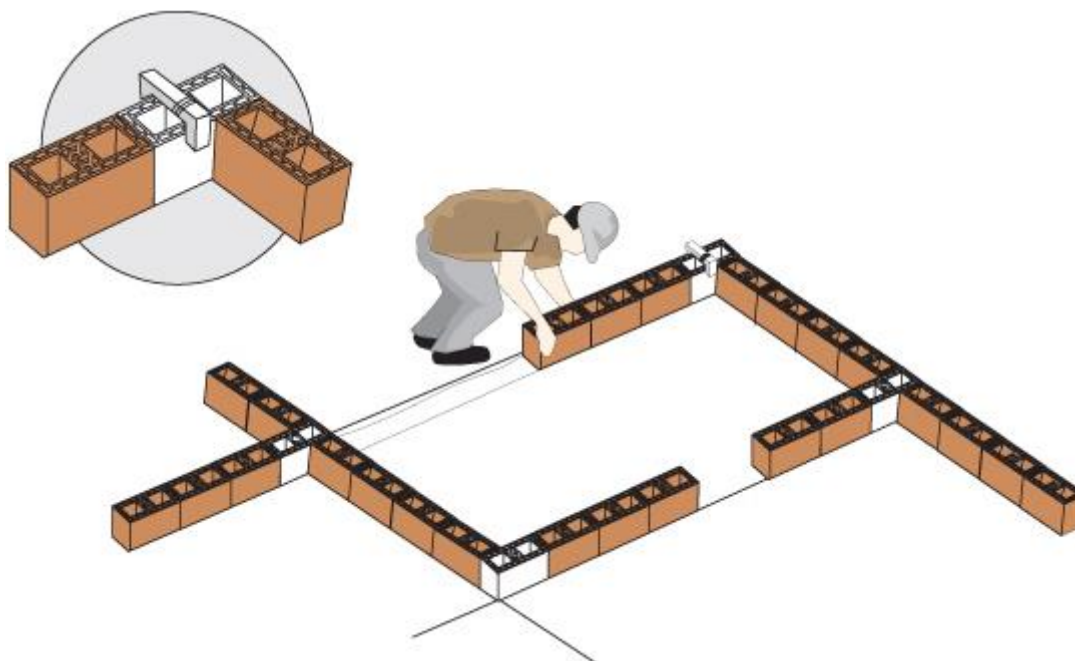


Figura 51 - Marcação da 1ª fiada da parede de alvenaria [40]

- Restantes fiadas
 - Marcação das fiadas de tijolos a realizar em fasquias;
 - Espalhamento de leito de argamassa com largura do pano na zona de assentamento dos tijolos;
 - Colocação do primeiro e último tijolos da fiada;
 - Colocação do fio guia para a aplicação de argamassa e realização da respetiva fiada.

- Elevação da parede, marcação em altura e nivelamento
 - Molhagem da superfície de tijolo da camada inferior;
 - Aplicação de leito de argamassa sobre superfície humedecida da fiada inferior, chapando e distribuindo a argamassa no topo;
 - Assentamento de tijolo sobre leito de argamassa, carregando, esfregando de modo a garantir o posicionamento desejado;
 - Raspagem e reaproveitamento da argamassa em excesso que possa sair pelas juntas para assentamentos seguintes;
 - Durante o assentamento dos tijolos na fiada deixar entre eles um espaço igual à largura igual à junta vertical;
 - Se o alinhamento, nivelamento e verticalidade não se verificarem, podem fazer-se pequenas correções.

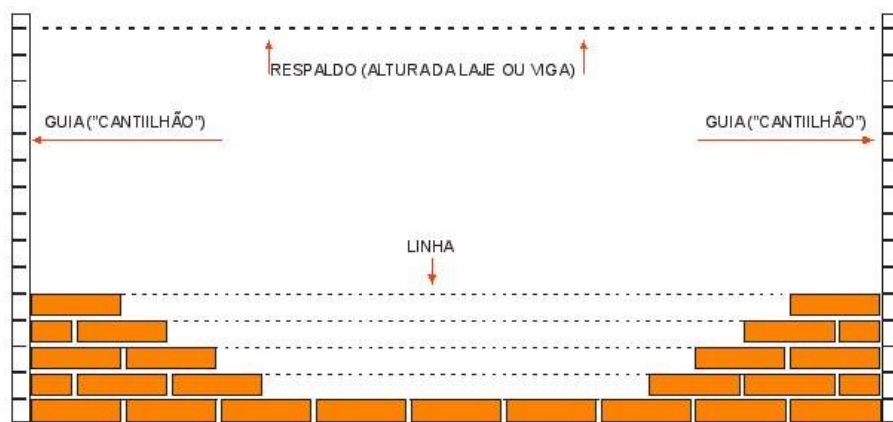


Figura 62 - Esquema de alvenaria simples [41]

- Fecho superior da Parede
 - Realização das alvenarias dos pisos superiores para os inferiores para atenuar o efeito das deformações;
 - Não colocar a última fiada dos vários pisos, fechando-a antes da aplicação do revestimento;
 - Fecho com um material compressível, com a intenção de consolidar as ligações da alvenaria à estrutura.



Figura 73 - Esquema de alvenaria simples [41]

- Verificações finais
 - Alinhamento das fiadas, planeza, ortogonalidade e verticalidade;
 - Alinhamento da parede com as paredes confinantes do mesmo piso e com a estrutura;
 - Alinhamento com as paredes de outros pisos;
 - Aspeto das juntas;
 - Confirmação das características necessárias à aplicação do revestimento.[20]

3.4.2.3 MATERIAIS DE ALVENARIA

Como referido anteriormente os tipos de alvenaria que encontramos na construção são:

- Tijolo cerâmico de barro vermelho



Figura 84 - Tijolo de alvenaria [23]

- **Características**
 - Material leve;
 - Utilização rápida em obra;
 - Bom isolante térmico;
 - Bom custo-benefício;
 - Deve ser planeado para suportar apenas parte da estrutura baixando a capacidade de suporte;
 - Preparado para ser rebocado.

- **Constituição**

Este tipo de material é produzido em moldes com medidas normalizadas, realizados a partir da argila que tem origem numa rocha sedimentar de grão muito fino derivada da decomposição de granito e rochas magmáticas.

○ **Processo de produção**

Após a extração da argila, esta é reencaminhada para o depósito onde irá ser feita a mistura dos diferentes tipos de argila num misturador.

Já dentro do misturador deve ser medida e controlada a humidade para reduzir a argila pastosa em lâminas finas.

Adiciona-se água e transporta-se a mistura para a máquina que fabrica os tijolos em vácuo, de seguida alimentadores fazem-no passar através de grelhas que os fragmentam e fazem com que o ar contido seja reduzido ao mínimo, ainda nesta fase a mistura é inserida em moldes onde são cortados, o que lhes irão dar a forma final do tijolo com uma medida normalizada.

De seguida faz-se o transporte dos tijolos para um armazém ou caldeira se for necessário acelerar o processo.

Quando o tijolo seca as peças são transportadas até aos fornos e empilhados de forma a garantir que a cozedura se faça de forma homogénea em todas as peças. Após a cozedura as peças devem arrefecer naturalmente até atingir a temperatura ambiente, verificando-se de seguida se passam no controlo de qualidade para serem enviadas para consumo.

○ **Aplicação**

A aplicação de tijolo em alvenarias é a mais tradicional, pois torna a obra mais rápida e económica, o tempo de obra é reduzido devido à diversidade de tamanhos que este tijolo apresenta e facilita o assentamento, assim como o facto de não ser necessário a etapa de abertura de roços nas paredes.

É também resistente à compressão e leve devido aos furos, e os seus resíduos em obra podem ser valorizados para a fabricação de outros materiais. [24]

- Betão celular autoclavado



Figura 95 - Bloco de betão celular autoclavado [25]

○ **Características**

- Produzido com um material muito fino;
- Elemento adicional na segurança contra incêndios;
- Atua como isolante termo acústico;
- Pode ser facilmente serrado;
- Fácil abertura de roços;
- Diminui o tempo de obra;
- Produto inovador de alta qualidade;
- Permite construções solidas, rápidas e económicas;
- Resistente ao apodrecimento;
- Reciclável.[26]

○ **Constituição**

É um tipo de betão leve, geralmente pré moldado, é produzido sob a forma de bloco e curado sob grande pressão em autoclaves.

É produzido com um material fino, normalmente com mistura de cal e sílica que lhe confere milhares de células microscópicas durante o seu processo de criação, o que permite que este seja bastante leve, aproximadamente $\frac{1}{4}$ do peso do betão tradicional.

Este material é inerte e tem um processo de fabrico que não gera poluição nem desperdício de energia, exceto quando utilizada cinza volantes.

○ **Processo de produção**

Para fabricar este tipo de betão são utilizados os materiais areia, cal e cimento, que quando misturados em proporções especiais, adiciona-se água e uma ligeira quantidade de pó de alumínio.

Esta pasta é colocada nos respetivos moldes para descansar durante 2 horas a 20°C, onde as células são formadas devido à presença do pó de alumínio, de onde resulta um material sólido, termicamente isolante e leve.

De seguida retira-se os blocos dos moldes e de acordo com o produto pretendido são feitos os cortes no material.

O resultado final após corte segue para o autoclave sob uma temperatura de 200°C e 12 unidades de pressão atmosférica durante 12 horas. Quando termina este ciclo os blocos já têm as suas características finais e faz-se então o controlo de qualidade e a embalagem do produto

○ **Aplicação**

Este tipo de betão pode ser principalmente usado quando são necessárias medidas contra incendio e em edifícios com vários andares.[27]

- Betão leve



Figura 16 - Bloco de betão leve [28]

- **Características**

- Permite grande redução no peso da estrutura e vãos livres maiores;
- Resistência à compressão mais baixa;
- Necessita de argamassa de revestimento;
- Redução das secções transversais;
- Aumenta o isolamento térmico;
- Segurança contra incêndios;
- Isolamento acústico;
- Economia energética;
- Melhoria estrutural sísmica.

- **Constituição**

O betão leve difere do betão, principalmente devido à sua massa volúmica e elevada resistência térmica. A sua constituição é muito semelhante à do betão normal, com as devidas proporções de areia, água, cimento e agregados, difere apenas no facto dos agregados serem mais leves como calcário e marga, ou artificiais, com a finalidade de reduzir o seu peso.

No betão leve pode por exemplo ser utilizada a argila expandida, que é obtida por cozedura a temperaturas entre os 1000 e os 1250°C.

- **Processo de produção**

A exploração é feita em pedreiras cuja matéria-prima obtida irá ser moída e transformadas no que é designado por cru, que mais tarde será armazenado e homogeneizado em silos, onde mais tarde serão pré-aquecidos e de seguida encaminhados para um forno rotativo onde se irão desencadear as reações químicas e formado um produto chamado clínquer.

O clínquer quando sai do forno é arrefecido, passando depois por uma moagem final onde se determina a quantidade exata das substâncias necessárias para obter a qualidade desejada do produto final.

Adiciona-se ainda argila expandida durante o processo de fabrico.

- **Aplicação**

O betão leve, embora menos resistente à compressão que o betão normal continua a oferecer uma boa resistência à compressão e é altamente durável. [29]

3.5 CONCLUSÕES

Conseguimos após a elaboração deste capítulo averiguar a importância das paredes de alvenaria em pano simples na construção e na sustentabilidade, assim como o seu papel na Avaliação do Ciclo de Vida.

Expondo neste capítulo o processo construtivo das paredes de alvenaria e após uma análise sobre a composição e método de produção de cada material, podemos passar à fase seguinte, onde se irá realizar uma Avaliação do Ciclo de Vida.

4

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COM BASE NO OPEN LCA

4.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo vai ser desenvolvida uma Avaliação de Ciclo de Vida sobre blocos de betão.

Vai ser demonstrado o processo de desenvolvimento desta avaliação passo a passo, com as indicações de como este foi executado e com os resultados obtidos.

4.2 ENQUADRAMENTO

Após uma explicação sucinta sobre a metodologia de aplicação do método de Avaliação de Ciclo de Vida e da composição de diferentes paredes de alvenaria, agora com a ajuda do programa Open LCA, vai-se realizar uma avaliação sobre os blocos de betão, onde será discriminada toda a informação introduzida e obtida, de forma a obter uma lista exemplo dos impactes gerados pela produção destes blocos.

Esta avaliação será apenas um exemplo aproximado para demonstrar o funcionamento da Avaliação do Ciclo de Vida, tendo em conta dados obtidos em diversas pesquisas de materiais semelhantes, e não será utilizado para realizar a comparação entre outros materiais. Visto a informação necessária para efetuar estes estudos ser mantida em segredo, por questões de sigilo identitários, o que torna muito complicado aceder a estes dados sem comprar bases de dados disponibilizadas em diversos servidores.

Para enfrentar essas adversidades baseamo-nos então em diferentes estudos para obter valores para introduzir no sistema criado, como tal esta avaliação não passa de um exemplo, suficientemente detalhado para se perceber o contexto em que a Avaliação de Ciclo de Vida é executada e os resultados que são possíveis obter, nomeadamente as Declarações Ambientais do Produto, que serão referidas no capítulo seguinte.

Os resultados da Avaliação de Ciclo de Vida realizada neste capítulo encontram-se disponíveis no ANEXO I.

4.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE BLOCOS DE BETÃO

Nesta etapa será executada a Avaliação de Ciclo de Vida, baseado na norma NP EN ISO 14040:2008[6] e seguindo as guidelines do EN ISO 14044:2006[44], tendo em conta os aspetos referidos inicialmente no capítulo 2. Será abordado o seguinte sistema exemplificado na figura 17.

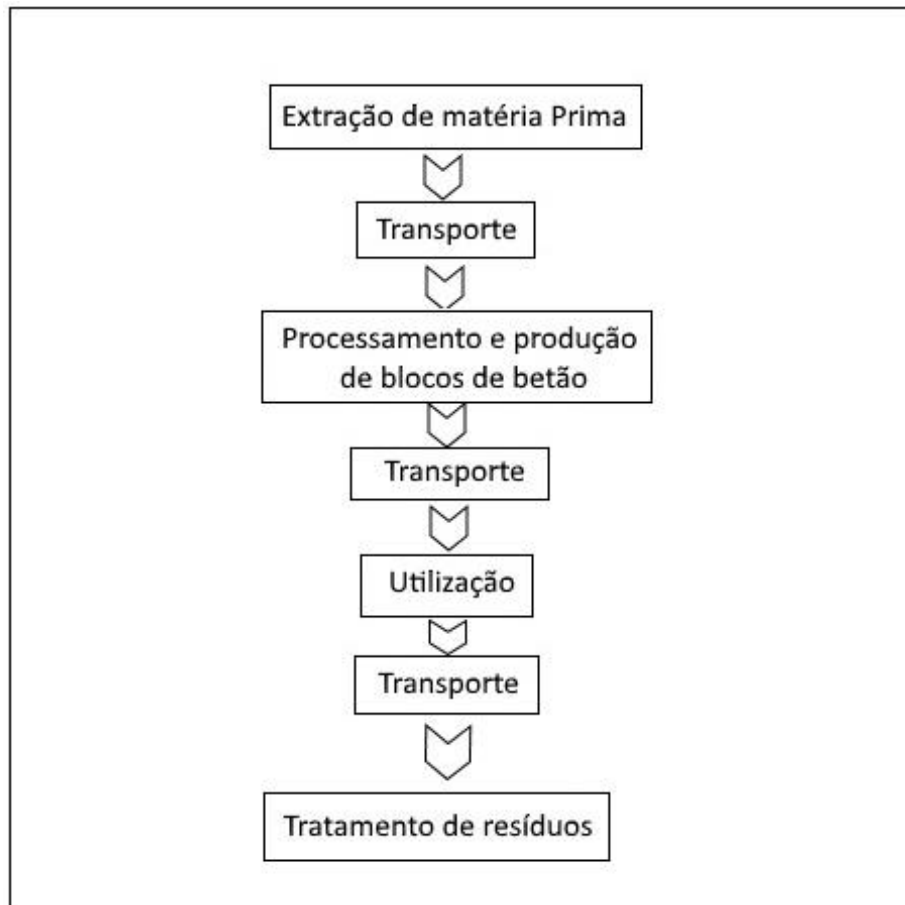


Figura 17 - Diagrama do âmbito da Avaliação de ciclo de vida realizado [30]

Para este sistema irão ser executados todos os passos realizados para elaborar a Avaliação de Ciclo de Vida.

4.3.1 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO E DO ÂMBITO

Avaliar o desempenho ambiental de blocos de betão, através da Avaliação do ciclo de vida.

Os blocos de betão são utilizados como parte integral das paredes interiores e exteriores, criando uma barreira isolante entre o interior e o exterior, e fazem parte de uma das soluções construtivas mais utilizadas em Portugal.

Para a realização do estudo dos blocos de betão, foram consideradas as fases de extração, processamento e produção, utilização, tratamento de resíduos, assim como o transporte entre estas diferentes etapas. Infelizmente por falta de informação, não foi incluída a fase de reutilização demonstrada no sistema em cima representado.

Ainda assim esta avaliação pode ser considerada “cradle to grave” devido ao facto de estar representado o tratamento de resíduos para aterro, faltando apenas os dados do impacte ambiental referentes à reutilização dos blocos, que por si só também não constituem um grande agravamento devido ao facto de apenas terem de ser removidos do local onde estavam a ser aplicados, transportados para o novo local de obra e reutilizados.

Outro tipo de avaliações também é possível devido ao facto de não ser necessário incluir todas as fases do produto em estudo.

Esta avaliação permite ainda elaborar uma Declaração Ambiental do Produto que será objeto de estudo mais à frente, incluindo as fases A,B,C, que são representativas das etapas do produto e processo de construção, utilização e fim de vida.

Devido ao facto de não conseguir informação sobre a reutilização dos blocos, a fase D, teria de ser excluída, pois esta representa o potencial de valorização da reutilização e reciclagem.

A unidade funcional a ser utilizada neste tipo de situações, normalmente é por tonelada de produção, mas na nossa situação, como o objetivo é comparar diferentes soluções de paredes simples de alvenaria como pode ser observado no próximo capítulo, o mais adequado é analisar por m^2 de parede, pois assim os valores obtidos já estão na grandeza desejada. Concluindo a informação necessária para a unidade funcional, vamos utilizar um material que tem uma duração aproximada de 60 anos e para 1 m^2 de parede, são necessários 8 blocos de betão que possuem um peso total de 336kg e com dimensões de 0,5x0,25m.

Encontra-se sintetizada toda a informação necessária para a definição do âmbito nos tópicos que se seguem [6]:

- Objetivo
 - Avaliar o desempenho ambiental de blocos de betão, através da Avaliação do ciclo de vida e obtenção dos valores necessários para realizar uma declaração ambiental do produto.
- Função do material
 - Material integrante de paredes de fachada e interiores em pano simples.
- Unidade funcional
 - A análise será efetuada por m^2 da parede em análise, constituída por blocos de betão, com um tempo de vida de 60 anos.
- Fronteiras do sistema
 - Extração da areia;
 - Extração da pedra;
 - Extração do cimento;
 - Transporte para processamento;
 - Peneiração;
 - Moagem;
 - Adições;
 - Mistura;
 - Produção;
 - Moldagem;
 - Cura;
 - Embalagem;
 - Controlo de qualidade;
 - Transporte para utilização;
 - Utilização;
 - Transporte para tratamento de resíduos;

4.3.2 INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

Para a realização do inventário da avaliação, foi recolhida o máximo de informação possível relacionada com todos os processos enunciados, seus fluxos, com respetivos inputs e outputs, também podendo ser simplificado em “How much of everything”

Com a finalidade de obter esta informação foi realizada uma pesquisa sobre produtos de alvenaria, nomeadamente blocos de betão, baseada em documentos científicos, estudos de empresas, comunicação com diferentes produtoras e bases de dados fornecidas pelo Open LCA.

As informações obtidas nas fontes em acima enunciadas consistiam essencialmente em inputs e outputs para a execução de determinados processos, enquanto que as bases de dados fornecem dados baseados em estatísticas de todas as etapas e processos, desde a extração, transporte e produção até o tratamento de resíduos. A utilização tem ainda a vantagem de não oferecer uma única solução, mas uma vasta lista de opções viáveis para o caso de estudo que desejamos visualizar. Cada uma destas soluções disponibilizadas contém informações distintas quanto às quantidades de recursos utilizados, assim como as emissões para terra, ar e água.

Para a realização desta Avaliação do Ciclo de Vida foram utilizadas as bases de dados do Ecoinvent, Bioenergiedat e ainda Elcd, pois devido às funcionalidades do Open LCA foi possível importar todas estas bases de dados para uma só, complementando dados que estavam em falta.

No quadro 3 e 4 encontram-se representados valores utilizados no Inventário do Ciclo de Vida, resultado da recolha de dados com as respetivas quantificações de entradas, saídas das matérias-primas e emissões com impacto ambiental [6].

Tabela 3 - Valores dos inputs utilizados de bloco de betão correspondentes a 1 bloco na fase de extração

Emissões	Quantidades
Brita	8,5kg
Areia	8,5kg
Cimento	2,8kg
Água	151kg
Eletricidade	2,1MJ
Gasolina	1,2kg
Emissões CO ₂	0,0009kg

Tabela 4 - Valores dos inputs utilizados de bloco de betão correspondentes a 1 bloco na fase de produção

Emissões	Quantidades
Gás natural	0,5kg
Carvão	8,5kg
Água	2,1kg
Eletricidade	0,7MJ
Areia	8,6kg
Cimento	2,8kg
Brita	8,6kg
Emissões CO ₂	0,00045kg

É de ter em conta que estes valores são baseados em pressupostos e estatísticas, principalmente no que diz respeito à distância dos transportes.

4.3.2.1 BLOCOS DE BETÃO

Para a elaboração do Inventário do Ciclo de Vida, o encadeamento de processos, tendo em conta a unidade funcional de 1 bloco de betão e os valores fornecidos pelas bases de dados do Open LCA são os seguintes:

- Processo de extração

Neste processo para recolher 8.57kg de areia e brita assim como 2,86 kg de cimento, foi necessário 151kg de água, 1,2 kg de gasolina e 2,1MJ de eletricidade, após a recolha faz-se o transporte para fabrica.

- Transporte para processamento produção

O transporte da extração para o processamento e produção foi simplificado como procedimento de input no processo de produção de blocos, para simplificar o método de utilização do Open LCA. Também foram agregadas todas as viagens numa só, realizada para uma média de 150km, assim resultando num valor de 3tkm obtido através da expressão $tkm=(1000/20)*150$.

- Produção de blocos de betão

Como referido anteriormente o processo do transporte foi incluído como um input deste processo com a finalidade de facilitar o processo de criação.

Para produzir um bloco de betão tiveram então de ser utilizados 0,7MJ de eletricidade, 6,2kg de água, 4,77kg de carvão, 0,90 MJ de eletricidade produzida com gás natural, 8.57kg de brita e areia e ainda 2,86kg de cimento Portland.

- Transporte para Utilização

O transporte para utilização também foi simplificado como procedimento de input no processo de utilização, para simplificar a utilização do Open LCA, assim resultando num valor de 2tkm obtido através da expressão $tkm=(1000/20)*100$.

- Processo de utilização

Um dos inputs extra é o transporte para a aplicação dos blocos de betão conclui-se que seria necessário 1kg de água, e 200gramas de argamassa, logo esta fase não é muito relevante para o impacto do sistema, pois considera-se todos os restantes outputs e inputs inexistentes.

- Transporte para Tratamento de resíduos

O transporte para aterro também foi simplificado como procedimento de input no processo de tratamento de resíduos para simplificar o método de utilização do Open LCA, assim resultando num valor de 3tkm obtido através da expressão $tkm=(1000/20)*150$.

- Tratamento de resíduos

Para concluir o sistema, o produto no seu fim de vida, por falta de informações adicionais, assumiu-se que iria todo para aterro sem qualquer tipo de reaproveitamento do material, então aqui mais uma vez encontra-se incluído nos inputs os transportes e toda a totalidade do bloco de betão, 20kg, considerado desperdício mineral [31].

4.3.3 AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

4.3.3.1 CLASSIFICAÇÃO

A classificação consiste em indicadores de cada categoria de impacto, utilizados para efetuar os cálculos dos respetivos impactos ambientais.

Neste caso, não foi necessário caracterizar cada elemento interveniente porque o programa Open LCA faz automaticamente [31].

Ainda assim, esta etapa é feita tendo em conta o potencial de ação e o equilíbrio natural. Todos os dados são registados como variáveis de entrada e saída ao longo de todo o ciclo de vida de todo o produto.

4.3.3.2 CARATERIZAÇÃO

A caracterização também é obrigatória, e consiste na identificação de recursos e emissões que estão associados a categorias de impacto como o GWP – Global Warming Potential. Não foi necessário ter especial atenção, pois é realizada automaticamente pelo programa.

Nesta situação eventualmente a avaliação de impacto e a sua classificação será orientada para o método CML, onde os dados são distribuídos em várias categorias de impacto [31]:

- Efeito de estufa(GWP);
- Redução da camada de ozono (ODP);
- Toxicidade humana(HC);
- Ecotoxicidade aquática(ECA);
- Ecotoxicidade terrestre(ECT);
- Formação de oxidantes fotoquímicos(POCP);
- Acidificação(AP).

4.3.3.3 CATEGORIAS DE IMPACTE

Aqui é definido o método que irá ser utilizado para avaliar o impacto ambiental, onde cada um avalia distintas categorias de impacto ambiental.

Para avaliar o impacto ambiental, vai ser utilizado o CML 2001 que está incluído no Open LCA.

O CML 2001 envolve vários passos. Inicialmente os dados são adquiridos através do ciclo de vida e de seguida faz uma agregação de várias categorias de impacto, o que faz com que a qualidade do seu resultado dependa do cuidado que se teve na quantificação dos fluxos, neste caso introduzidos no programa. [31]

4.4 OPEN LCA

O programa Open LCA, é um programa gratuito que permite a realização de vários cálculos de impactos ambientais, entre eles a execução da avaliação do ciclo de vida.

O que torna a utilização deste programa adequada ao desenvolvimento desta dissertação é o facto de este ser de livre acesso, permitir o acesso a bases de dados gratuitas e mais importante ser muito flexível quanto à introdução de dados, tornando-o de fácil utilização e moldável adaptando-se com facilidade a qualquer empresa.

Assim sendo iremos realizar uma Avaliação de Ciclo de Vida com recurso a este programa tendo em conta uma extensa pesquisa para obter os valores necessários a utilizar.

Com a finalidade de executar a Análise de ciclo de vida, a solução adequada foi a utilização do programa Open LCA, por proporcionar algumas bases de dados de forma gratuita, ao contrário dos outros programas.

Permite também a introdução de dados específicos externos às bases de dados fornecidas, o que permite com alguma informação das empresas relativamente às matérias primas, e inputs no processo de criação

do produto, criar e introduzir manualmente as “flows” e obter os outputs necessários para a execução da Avaliação de Ciclo de Vida e eventualmente a execução da declaração ambiental do produto.

O objetivo da realização da Avaliação do Ciclo de Vida nesta dissertação tem apenas caráter demonstrativo e não comparativo. Assim irá ser realizada para se verificar os resultados que se podem obter, principalmente a obtenção das Declarações Ambientais do Produto.

As Declarações serão o objeto de estudo que irá ser utilizado para comparar diferentes soluções construtivas, pois são os únicos dados ambientais que as empresas fornecem sobre os seus produtos, fazendo todo o sentido serem assim utilizadas para escolher a melhor solução e não através das Avaliações de Ciclos de Vida.

4.5 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA COM OPEN LCA

O Open LCA é um projeto com mais de 7 anos de existência. Este é um programa atual, grátis, “open source” e com um potencial que permite realizar Avaliações de Ciclo de Vida e de sustentabilidade.

Além de ser um programa “leve” que efetua os cálculos com bastante rapidez, devido ao facto de ser “open source”, encontra-se num processo de melhoria constante, permitindo que os erros sejam rapidamente corrigidos e o código melhorado.

O programa apresenta ainda algumas vantagens em relação a algumas das alternativas mais conhecidas como o Gabi e Umberto, pois permite o cálculo com utilização de processos unitários em grandes bases de dados. Outra das funcionalidades que viabiliza a utilização deste programa é a importação de bases de dados dentro de bases de dados existentes, o que permite o cruzamento de dados complementares, sendo assim possível trabalhar numa superbase de dados facilmente manipulada pelo utilizador.

O facto deste programa ser “open Source” permite ainda a existência de uma comunidade online, onde é possível trocar informação e pedir ajuda para resolver e desenvolver o problema em questão, o que torna ainda mais apelativa a utilização desta aplicação.

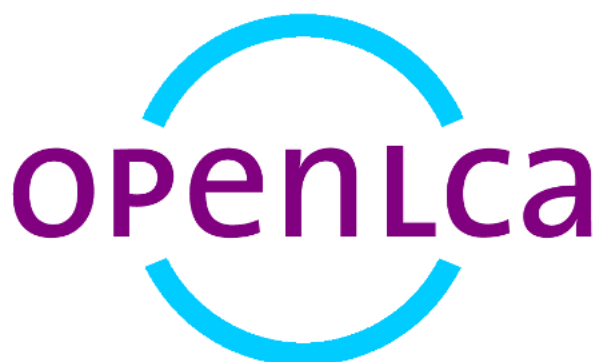


Figura 108 - Ícone do software OpenLCA [30]

4.5.1 APLICABILIDADE

As possibilidades de aplicação deste programa são bastante extensas, permitindo a utilização de modelos avançados de Avaliação de Ciclo de Vida, como a criação de ligações entre processos, alocação dos processos, definição de parâmetros e incertezas. Permite ainda através de modelos predefinidos em base

de dados, analisar os resultados obtidos e identificar zonas críticas e pontos principais de atuação, definindo a sensibilidade da análise que se deseja efetuar.

Referindo mais uma vez o facto do programa ser “open source”, é possível partilhar e distribuir modelos criados pelos utilizadores, permitindo alargar as fronteiras do conhecimento disponível para todos, tornando-se um ciclo de partilha, contribuindo para a evolução da organização.

4.5.2 VANTAGENS E INCONVENIENTES

Como qualquer programa que permita realizar Avaliações de Ciclo de Vida, está totalmente dependente de bases de dados existentes, fundamentando todos os seus resultados em valores estatísticos de outras empresas e localidades.

Sendo um programa “freeware”, este falha quando é necessário alguma informação sobre como proceder perante certas dificuldades, no entanto o programa contém um fórum comunitário que permite o esclarecimento de dúvidas com outros utilizadores do programa, o que pode ser positivo no sentido de que conseguimos resolver o nosso problema e negativo devido ao facto de não termos a certeza da veracidade da informação que nos foi passada.

Este programa é sem dúvida um método essencial, pois embora ainda possua muitos aspetos por limar, os valores obtidos, são no mínimo muito aproximados aos da realidade, o que permite a qualquer empresa interessada na sustentabilidade e na pegada ambiental deixada pelos seus produtos, dar os primeiros passos no desenvolvimento das suas técnicas de produção, utilizando as várias ferramentas proporcionadas por este programa.

4.5.3 INTRODUÇÃO DE DADOS

Abordando agora o programa na perspetiva de execução da Avaliação do Ciclo de Vida nesta dissertação, os dados introduzidos para a realização de ciclo de vida são resultado de uma pesquisa extensiva, entre trabalhos, estudos e declarações. Devido à falta deste tipo de informação por parte das empresas por questões de confidencialidade, os resultados a partir desta Avaliação de Ciclo de Vida são aproximações estatísticas sobre os impactos ambientais dos blocos de betão celular.

De realçar ainda que as informações utilizadas, não correspondem apenas a um bloco de betão, mas a vários produtos semelhantes dos quais se foi conseguindo retirar informações das suas diferentes etapas de produção.

4.6 DECLARAÇÃO AMBIENTAL DO PRODUTO

As Declarações Ambientais do Produto são documentos verificados e registados que transmitem de forma transparente e comparável a informação sobre Avaliação do Ciclo de Vida.

Estas declarações, de tipo III, são normalizadas para rotular e para declarações ambientais, fornecem informações sobre a performance ambiental, de produtos e serviços durante o seu ciclo de vida, regulada pela EN ISO 14025[46], e é um método baseada na Avaliação de Ciclo de Vida com o objetivo de demonstrar a performance ambiental de um produto.

Existe um conjunto de requisitos necessários, que estão relacionados com o detalhe das informações que são introduzidas na Avaliação do Ciclo de Vida, e que devem incluir os dados ambientais que devem de ser obtidos. Estes requisitos são desenvolvidos para diferentes sectores da indústria e são designados por Regras de Categoria do Produto, RCP, que têm por objetivo obter valores comparáveis entre diferentes produtos.

No anexo 1 apresenta-se o modelo de uma Declaração Ambiental do Produto parcialmente preenchida como exemplo.

[5, 34, 35]

4.6.1 REGRAS DE CATEGORIAS DE PRODUTO

As RCP, são documentos que contêm um conjunto de regras com requisitos e linhas de orientação para o desenvolvimento das Declarações Ambientais do Produto. O modelo sobre o qual estas regras são elaboradas, baseiam-se em orientações da EN 15804[45].

Estes requisitos contêm os parâmetros necessários, as diferentes etapas a considerar para a Avaliação do Ciclo de Vida e seus processos, regras de cálculo do inventário, avaliação do impacto, condições de comparabilidade, assim como informações adicionais sobre o ambiente, e outras questões relacionadas com a verificação e registo das Declarações Ambientais do Produto.

Estes documentos são elaborados com o intuito de especificar regras para determinada categoria de produto, os desenvolvimentos destas regras para diferentes categorias do produto são essenciais para o registo de uma Declaração Ambiental do Produto

[36]

4.4.2 MODELO DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DO PRODUTO

Foi realizada uma Declaração Ambiental do Produto, tendo em conta a Avaliação de Ciclo de Vida.

A realização deste modelo tem como objetivo demonstrar como se realizam estas declarações e os modelos das mesmas. Devido à relevância destas declarações para o desenvolvimento e conclusão desta dissertação, foi necessário estudar como as mesmas eram feitas. O exemplo preenchido apenas com os dados relevantes, pode ser consultado no ANEXO II, e os valores consultados na figura 19. [36-38]

		Aquecimento global kg CO ₂ equiv.	Depleção da camada do ozono kg CFC 11 equiv.	Acidificação kg SO ₂ equiv.	Oxidação fotoquímica kg C ₂ H ₄ equiv.	Toxicidade Humana kg Sb equiv.	Ecotoxicidade e Terrestre MJ, P.C.I.
Extração e processamento matérias-primas	A1	5.20E ⁻¹	4.00E ⁻⁷	5.48E ⁻²	3.37E ⁻³	9.09E ⁻¹	1.31E ⁻³
Transporte	A2	3.96E ⁺⁰	5.01E ⁻⁷	2.31E ⁻²	7.53E ⁻⁴	6.01E ⁻¹	6.94E ⁻⁴
Produção	A3	3.66E ⁺²	8.46E ⁻⁷	3.29E ⁻¹	1.33E ⁻¹	1.09E ⁺¹	1.72E ⁻⁶

Figura 19 – Valores da declaração ambiental do produto obtida em OPEN LCA.

5

MÉTODOS DE COMPARAÇÃO DE DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DO PRODUTO

5.1 INTRODUÇÃO

Ao longo deste capítulo vai ser desenvolvido um método de comparação entre Declarações Ambientais do Produto que permite a comparação de produtos diferentes, tendo como base os resultados das emissões dos impactos ambientais obtidos nas Declarações Ambientais do Produto.

5.2 ENQUADRAMENTO

O desenvolvimento deste método de cálculo de impacto ambiental deve-se ao facto de as empresas apenas disponibilizarem os resultados das suas Declarações Ambientais do Produto que obtiveram através da sua Avaliação de Ciclo de Vida, mantendo estes omissos do público em geral, assim sendo, não é possível estabelecer uma comparação entre as Avaliações, apenas se torna possível com o produto deste trabalho.

O método de cálculo desenvolvido ao longo deste capítulo é constituído por 2 etapas. Em primeiro lugar, para cada classe de impacto ambiental será definida uma magnitude que irá funcionar como efeito majorante. Após realização desta tarefa, inicia-se a 2 etapa, onde será atribuído um fator de importância por impacto, tendo em conta o peso de cada impacto a nível ambiental definida a pela EU, que também irá funcionar como majorante das emissões por impacto ambiental.

Concluídas todas as operações anteriores, será verificado o desvio da quantidade de emissões produzidas por cada produto, identificando claramente qual deles é o mais sustentável.

Através da implementação deste método, será possível de uma maneira simples e eficaz comparar duas Declarações Ambientais do Produto, de naturezas distintas, ainda com algumas restrições.

5.3 MÉTODOS DE COMPARAÇÃO

Com a finalidade de tornar possível a comparação entre diferentes Declarações Ambientais do Produto, irá ser explicado e exemplificado como este poderá ser aplicado a dois produtos Diferentes.

Para ser possível tal comparação, tem de se ter em conta que geralmente as Declarações Ambientais do Produto são feitas com uma unidade funcional de 1000kg ou por m³, não sendo possível comparar diferentes materiais neste contexto, tendo em conta o peso específico do material e as suas medidas. A abordagem utilizando esta metodologia deve ser feita após a conversão de unidade funcional para m² de parede de alvenaria em pano simples.

O método de comparação será realizado utilizando vários critérios, sendo estes:

- Comparação de magnitude;
- Peso do impacto.

Através desta análise é possível determinar qual o produto que contribui com mais emissões para o impacto ambiental, assim como verificar quais os impactos mais graves.

Contudo, através da utilização de fatores, tem de se ter em conta que durante a aplicação deste método, só são comparáveis valores das Declarações Ambientais do Produto que existam nas mesmas fases de Ciclo de vida do produto, todos os dados extra que as declarações possam conter, terão de ser ignorados, se possível, com a finalidade de obter rigor nos valores finais. Caso contrário não é possível estabelecer uma comparação entre estes dois documentos tão verosímil.

5.3.1 COMPARAÇÃO POR MAGNITUDE

Este processo consiste em avaliar de 0 a 3 o impacto que cada agregado de impactos vai ter no produto em estudo, nesta escala correspondendo o nível 0 ao valor menos grave até ao nível 3 o mais grave.

Este método deve ser realizado por especialistas, pois consiste em analisar cada produto como um todo, e verificar quais são os valores mais extravagantes na Declaração Ambiental do Produto em questão, e quais deles possuem níveis de emissões excessivamente altas tendo assim um potencial impacto ambiental mais grave.

Após as magnitudes serem definidas por um especialista, as quantidades de emissões geradas serão multiplicadas pela sua respetiva magnitude, obtendo-se assim os valores base para o próximo critério de avaliação.

5.3.2 PESO DO IMPACTE

Este critério é definido tendo em conta o peso definido pela Environmental Development of Industrial Products para a União Europeia e para cada grupo de impacto ambiental.

Conjugado os dados disponibilizados pela União Europeia, com os dados dos impactos que conseguimos obter através da nossa Avaliação de Ciclo de Vida, e o impacto de cada grupo irá ser obtido tendo em conta a amostra disponível e distribuindo de forma percentual, e proporcional ao peso de cada impacto.

Por motivos de escalas de impacto optou-se por ignorar o Potencial de depleção abiótica fóssil devido ao facto de este ser representado em MJ, o que iria apresentar uma relevância muito mais significativa e fora de escala em relação a todos os outros impactos. Na tabela 5 encontra-se tabelado o critério de importância de cada impacto ambiental.[39]

Tabela 5 - Valores utilizados no critério do peso ambiental

Impacte ambiental	Peso do impacto ambiental	Relevância (%)
Potencial de depleção abiótica dos elementos	1.3	12%
Potencial de acidificação	1.33	13%
Potencial de eutrofização	1.14	5%
Potencial de aquecimento global	1.05	2%
Depleção da camada do ozono	2.46	58%
Potencial de oxidação fotoquímica	1.27	10%
		$\Sigma=100\%$

Para concluir este critério será analisado fator a fator o desvio de uma solução em relação à outra e convertido em percentagem, sendo o valor final obtido consoante o somatório dos desvios. Apresentando evidentemente qual das soluções é a mais sustentável.

5.4 APLICAÇÃO A UM CASO PRÁTICO

Nesta secção irá ser demonstrado como se aplicam os métodos atrás referidos, utilizando dois tipos distintos de alvenaria utilizada em paredes em pano simples, neste caso blocos de betão e tijolo, tendo em conta as suas respetivas Declarações Ambientais do Produto.

Os resultados da aplicação destes métodos serão discutidos no capítulo seguinte assim como fatores relevantes para a sua elaboração.

5.4.1 VERIFICAÇÃO DE COMPARABILIDADE DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DO PRODUTO

Para começar a comparar os diferentes materiais, é necessário verificar a tabela das fronteiras do sistema das fases de produção declaradas.

A necessidade desta verificação deve-se ao facto de haver fases não declaradas, que consequentemente não têm qualquer impacto associado, acrescentando o fato dos impactos não estarem especificados nas suas diferentes fases do ciclo de vida, apenas vai ser possível estabelecer uma comparação dos impactos ambientais com as mesmas etapas de produto declaradas, que tendo em conta a tabela 6, serão os mais comuns, nomeadamente A1,A2 e A3 que representam o ciclo de vida desde a aquisição de matéria prima até ao processamento do produto.

As siglas representadas no quadro seguinte representam:

- D-Declarado;
- MND-Modulo Não Declarado;
- A1-Extração e processamento;
- A2-Transporte;
- A3-Produção;
- A4-Transporte;
- A5-Processo de construção e instalação;
- B1-Utilização;
- B2-Manutenção;
- B3-Reparação;
- B4-Substituição;
- B5-Reabilitação;
- B6-Energia consumida em fase operacional;
- B7-Água consumida em fase operacional;
- C1-Desconstrução e demolição;
- C2-Transporte do produto;
- C3-Processamento de resíduos;
- C4-Eliminação de resíduos;
- D-Potencial de reutilização, reciclagem e valorização.

Tabela 6 - Fases do ciclo de vida incluídas na Declaração Ambiental do Produto de alvenaria de tijolo [30]

Fases do ciclo de vida	Inclusão na Declaração
Matéria prima	D
Transporte	D
Produção	D
Transporte para utilizador	MND
Montagem	MND
Uso	MND
Manutenção	MND
Reparação	MND
Substituição	MND
Remodelação	MND
Utilização de Energia	MND
Utilização de água	MND
Desconstrução	MND
Transporte	MND
Resíduos de processamento	MND
Descartamento	MND
Reutilização-reciclagem-potencial de aproveitamento	D

Assumindo que estaríamos interessados no material de alvenaria de tijolo apresentado na tabela anterior, o próximo passo para comparar estas soluções seria procurar um outro material de alvenaria com as mesmas etapas de ciclo de vida declaradas, devido às limitações atrás mencionadas.

Assim sendo iremos comparar esta solução com uma outra de alvenaria de blocos de betão celular autoclavado, representada na figura 19, que foi retirado de uma Declaração Ambiental do Produto da *Ytong® Autoclaved Aerated Concrete (AAC)*

LCA: Results

DESCRIPTION OF THE SYSTEM BOUNDARY (X = INCLUDED IN LCA; MND = MODULE NOT DECLARED)																
PRODUCT STAGE			CONSTRUCTION PROCESS STAGE		USE STAGE							END OF LIFE STAGE				BENEFITS AND LOADS BEYOND THE SYSTEM BOUNDARIES
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement ⁽¹⁾	Refurbishment ⁽¹⁾	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND

Figura 20 - Fases de ciclo de vida incluídas na Declaração Ambiental do Produto dos blocos de betão celular autoclavado [30]

Como se pode verificar, ambos apenas têm módulos declarados respetivamente à etapa de produto, tornando assim possível a comparação entre os dois diferentes produtos, com a metodologia apresentada no início deste capítulo.

5.4.2 BLOCOS DE TIJOLO

Peso por m² dos tijolos em análise “HELUZ Family 2in1” é de 320kg o que resulta que para a nossa análise iremos minorar os valores representados para 32% do seu valor total, tabela 7 e 8.

Tabela 7 - Outputs declarados na Declaração Ambiental do Produto dos blocos de alvenaria por bloco de tijolo por impacte ambiental [30]

Impacte	Unidade	Family 2in1
Potencial de depleção abiótica (elementos)	Kg Sb eq	3,70E ⁻⁰⁵
Potencial de depleção abiótica (fóssil)	MJ	3129
Potencial de acidificação	Kg SO ₂ eq	0,64
Potencial de eutrofização	Kg PO ₃ ⁴ eq	0,08
Potencial de aquecimento global	Kg CO ₂ eq (GWP100)	226
Depleção da camada do ozono	Kg CFC11eq	8,56E ⁻⁷
Potencial de Oxidação fotoquímica	Kg C ₂ H ₄ eq	0,05

Tabela 8 - Valores dos fatores utilizados no critério do peso ambiental por m²

	Tijolo HELUZ Family 2in1	Resultado final
Potencial de depleção abiótica dos elementos	3.7E ⁻⁰⁵	1.84E ⁻⁰⁵
Potencial de acidificação	0.641	0.205
Potencial de eutrofização	0.08	0.026
Potencial de aquecimento global	226	72.32
Depleção da camada do ozono	8.56E ⁻⁰⁷	2.73E ⁻⁰⁷
Potencial de oxidação fotoquímica	0.05	0.016

5.4.3 BLOCOS DE BETÃO CELULAR AUTOCLAVADO

Peso por m² dos tijolos em análise “Ytong® Autoclaved Aerated Concrete” é de 420kg o que resulta que para a nossa análise iremos minorar os valores representados para 42% do seu valor total.

Pode ser verificado na tabela 9 e 10.

Tabela 9 - Outputs declarados na Declaração Ambiental do Produto dos blocos de betão celular autoclavado por impacte ambiental [30]

Impacte	Unidade	A1	A2	A3
Potencial de depleção abiótica (elementos)	Kg Sb eq	5,90E ⁻⁰⁵	1,08E ⁻⁰⁵	4,00E ⁻⁰⁵
Potencial de depleção abiótica (fóssil)	MJ	417	695	448
Potencial de acidificação	Kg SO ₂ eq	0,32	2,19E ⁻⁰²	0,15
Potencial de eutrofização	Kg PO ₃ ⁴ eq	0,05	4,97E ⁻⁰³	3,48E ⁻⁰²

Potencial de aquecimento global	Kg CO ₂ eq (GWP100)	125	4,72	37,40
Depleção da camada do ozono	Kg CFC11eq	5,34E ⁻⁶	3,28E ⁻⁰⁷	4,25E ⁻⁰⁷
Potencial de Oxidação fotoquímica	Kg C ₂ H ₄ eq	2,86E ⁻⁰²	7,08E ⁻⁰⁴	6,59E ⁻⁰³

Tabela 10 - Quantidade de emissões do impacto ambiental por unidade

	Blocos de betão celular autoclavado	Resultado final
Potencial de depleção abiótica dos elementos	7.38E ⁻⁰⁵	3.01E ⁻⁰⁵
Potencial de acidificação	0.48	0.201
Potencial de eutrofização	0.09	0.038
Potencial de aquecimento global	167.12	70.19
Depleção da camada do ozono	6.09E ⁻⁰⁶	2.55E ⁻⁰⁶
Potencial de oxidação fotoquímica	0.036	0.015

5.4.4 COMPARAÇÃO DE VALORES

5.4.4.1 MAGNITUDE

Este critério é subjetivo e deve ser realizado por um especialista no assunto pois consiste em atribuir um grau de severidade à quantidade de emissões de Impacte ambiental produzidos na vida útil do produto. Nesta situação recorrendo a uma Colega de engenharia ambiente que desenvolveu a sua dissertação neste campo. Ver tabela 11.

Tabela 11 - Valores das magnitudes por impacto ambiental

	Magnitude dos Tijolos	Magnitude dos blocos de betão
Potencial de depleção abiótica dos elementos	2	3
Potencial de acidificação	2	2
Potencial de eutrofização	1	2
Potencial de aquecimento global	1	1
Depleção da camada do ozono	0	2
Potencial de oxidação fotoquímica	2	2
Média	1.33	2

6.4.4.2 Peso do impacto

Nesta etapa de cálculo os valores abaixo terão de ser majorados conforme os valores tabelados neste capítulo referentes ao peso de cada impacto e respetiva magnitude.

Tabela 22 - Quantidade de emissões de ambos os materiais por unidade

	Blocos de tijolo	Blocos de betão
Potencial de depleção abiótica dos elementos	1.84E ⁻⁰⁵	3.01E ⁻⁰⁵
Potencial de acidificação	0.205	0.201
Potencial de eutrofização	0.026	0.038

Potencial de aquecimento global	72.32	70.19
Depleção da camada do ozono	2.73E ⁻⁰⁷	2.55E ⁻⁰⁶
Potencial de oxidação fotoquímica	0.016	0.015

Na tabela em 13 e 14 verifica-se a multiplicação entre as emissões de cada produto pela respetiva magnitude.

Tabela 33 - Valores das magnitudes por impacte ambiental e quantidade de emissões por unidade do produto dos diferentes materiais

	Blocos de tijolo	Blocos de betão	Magnitude dos Tijolos	Magnitude dos blocos de betão
Potencial de depleção abiótica dos elementos	1.84E ⁻⁰⁵	3.01E ⁻⁰⁵	2	3
Potencial de acidificação	0.205	0.201	2	2
Potencial de eutrofização	0.026	0.038	1	2
Potencial de aquecimento global	72.32	70.19	1	1
Depleção da camada do ozono	2.73E ⁻⁰⁷	2.55E ⁻⁰⁶	0	2
Potencial de oxidação fotoquímica	0.016	0.015	2	2

Tabela 44 - Quantidade de emissões por unidade de produto multiplicada pela sua respetiva magnitude

	Blocos de tijolo	Blocos de betão
Potencial de depleção abiótica dos elementos	3.68E ⁻⁰⁵	9.03E ⁻⁰⁵
Potencial de acidificação	0.41	0.402
Potencial de eutrofização	0.026	0.076
Potencial de aquecimento global	72.32	70.19
Depleção da camada do ozono	0	5.1E ⁻⁰⁶
Potencial de oxidação fotoquímica	0.032	0.03

Para finalizar o desvio é realizado em módulo, e neste caso vamos assumir que o desvio positivo representado na tabela seguinte corresponde aos blocos de betão, após multiplicar os valores majorados no quadro 13 e 14, pela respetiva relevância ambiental representada na tabela 15.

Tabela 55 - Critério do peso ambiental

Impacte ambiental	Peso do impacte ambiental	Relevância (%)
Potencial de depleção abiótica dos elementos	1.3	12%
Potencial de acidificação	1.33	13%
Potencial de eutrofização	1.14	5%
Potencial de aquecimento global	1.05	2%
Depleção da camada do ozono	2.46	58%
Potencial de oxidação fotoquímica	1.27	10%
		$\Sigma=100\%$

Tabela 66 - Diferença percentual entre emissões do mesmo gênero e sua respectiva influência no valor final demonstrado após multiplicação como seu fator de relevância.

	Desvio	Fator de relevância	Influência do impacto no desvio
Potencial de depleção abiótica dos elementos	59.25%	12%	7.11%
Potencial de acidificação	-1.95%	13%	-0.25%
Potencial de eutrofização	65.79%	5%	3.29%
Potencial de aquecimento global	-2.95%	2%	-0.06%
Depleção da camada do ozono	100%	58%	58%
Potencial de oxidação fotoquímica	-6.25%	10%	-0.63%
Total			67.46%

Com esta tabela final obtemos os valores finais de comparação entre produtos distintos, e neste caso podemos assegurar com segurança que durante o ciclo de vida dos blocos de betão, as emissões produzidas pelos mesmos é muito superior às dos tijolos, resultando numa pegada ambiental maior.

Assim sendo, e tendo em conta a metodologia desenvolvida e a sustentabilidade de cada produto, a opção recomendada para ser utilizada será os blocos de tijolo.

6

CONCLUSÃO

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ao longo do estudo realizado sobre o tema, constatou-se que a realização de avaliações de ciclo de vida ainda tem um grande percurso a percorrer. Grande parte dos valores das emissões de cada produto são baseados em dados estatísticos, que muitas vezes não correspondem à realidade da empresa. Para se realizar estes estudos, e para estes terem um peso maior no momento da decisão sobre a escolha do produto, os valores obtidos para a realizar deveriam ter toda uma metodologia normalizada que permitisse a obtenção de valores mais rigorosos.

A inconsistência dos valores obtidos varia tanto no software utilizado, como na entidade que realiza a Avaliação de Ciclo de Vida. Devido ao facto de não existir uma identidade responsável por este tipo de avaliações elas são ou realizadas por universidades, institutos, consultores, ou até a própria empresa, se a mesma tiver capacidade técnica e financeira para tal.

Durante a execução da dissertação, também foi visível uma grande falta de comunicação e transparência da parte das empresas em geral, no que diz respeito ao trabalho realizado nesta área em estudo, pois toda a informação relacionada com a execução de uma Avaliação de Ciclo de Vida de um determinado produto numa empresa tem tendência a ser omissa, devido a diversos compromissos comerciais e outros e ainda pelo facto das declarações terem de carácter voluntário.

Existe ainda um grande trabalho a realizar no que diz respeito ao combate aos impactes ambientais e sua respetiva gravidade, pois não existe nenhum método preciso, que permita evidenciar a severidade dos impactes gerados pelas emissões/outputs dos processos de produção e qual a sua relevância para o ambiente, tornando complicado escolher com certeza o produto mais ecológico. De qualquer forma é de realçar que estes estudos permitem uma aproximação à realidade, o que em alguns casos é suficiente para tirar algumas conclusões.

O desenvolvimento da metodologia tem tendência a tornar-se mais importante devido ao facto das empresas começarem a preocupar-se mais com o ambiente, tentando tornar o seu produto apelativo, não só pela qualidade térmica ou acústica, mas também pelo seu desempenho ambiental, usando isso como

estratégia de marketing para se destacar das suas concorrentes de mercado e simultaneamente diminuir o enorme impacto ambiental derivado do sector de construção civil.

É de salientar que quanto aos valores obtidos para a realização da Avaliação de ciclo de vida no OPEN LCA, devido à escassez do acesso, o produto criado para servir de referência, foi baseado em dados de diversos produtos semelhantes, até se obter o que se considerou uma quantidade de dados necessários para a realização do Inventário do Ciclo de Vida. Pelo exposto os valores obtidos nesta avaliação não devem ser associados a nenhum produto em específico, devem sim ter um papel representativo sobre o objeto de estudo.

A metodologia de Avaliações de Ciclo de Vida já existe há algum tempo, no entanto ainda se encontra numa fase um pouco rudimentar, principalmente devido à precisão dos valores obtidos, assim como no livre acesso ao conhecimento. Tal deriva da escassez de informação, e simultaneamente porque o acesso a todos os dados relevantes para a execução deste tipo de análises é dispendioso, desencorajando pequenas e médias empresas a realizar este tipo de estudos, consequentemente não promovendo a evolução natural deste método. No entanto, o desenvolvimento deste tema no âmbito da Engenharia Civil é essencial para a evolução necessária do setor da construção.

6.2 CONSIDERAÇÕES DO TRABALHO PRÁTICO

A realização desta dissertação permitiu verificar que existem muitas oportunidades que podem surgir para complementar vários dos elementos em falta na aplicação de Avaliações de Ciclo de Vida.

Temos como exemplo os programas disponibilizados para a realização das Avaliações de Ciclo de Vida, que têm um enorme potencial de aplicação. Ainda assim tem de se fazer um maior esforço para os aperfeiçoar. Isto pode ser conseguido através de personalização de bases de dados e liberalização de software, pois este tipo de iniciativas, que permitem melhorar e resolver problemas relacionados com questões ambientais, poderia ter algum tipo de financiamento europeu.

No caso concreto do OPEN LCA a sua utilização neste estudo permitiu executar com algum rigor, uma Avaliação de Ciclo de Vida sobre um material criado para a ocasião, o que significa que qualquer empresa que queira dar os primeiros passos na execução do mesmo, não terá muitos problemas, permitindo assim numa fase inicial, a comparação do impacto ambiental com o de outras empresas do mesmo nível ou superior. Este programa teve também uma relevância elevada nesta dissertação, pois sem ele não teria sido possível a realização do modelo de uma Declaração Ambiental do Produto, documento essencial para estabelecer comparação entre produtos utilizando a metodologia desenvolvida.

Durante a execução da Avaliação do Ciclo de Vida chegou-se à conclusão de que não faz sentido criar um método de comparação entre avaliações de ciclo de vida distintas, pois a maior parte dos dados utilizados são omitidos pelas empresas, o que não iria permitir verificar os seus resultados. No entanto é possível através dos resultados obtidos, realizar uma comparação, que foi o objeto de estudo no capítulo 5, através da utilização das Declarações Ambientais do Produto que resultam da execução da avaliação do ciclo de vida.

Contudo, mesmo com os valores das emissões geradas em diferentes etapas, nem sempre é possível a comparação destes valores, primeiro por existirem vários modelos das Declarações Ambientais do Produto, depois por faltarem dados de determinadas etapas do processo de construção. O segundo motivo deve-se ao facto de não ser possível dizer com certeza qual o impacto ambiental mais gravoso, o que demonstra o caminho que ainda falta fazer neste campo.

No entanto, apesar de não ser possível ter a certeza dos impactos mais prejudiciais, felizmente é possível, com base em alguns estudos, criar métodos que representam o impacto expectável que as emissões irão

ter e a sua gravidade. Através dos resultados obtidos neste momento é possível estabelecer comparações tendo sempre como principal aliado o bom senso.

O método de análise formulado, com o objetivo de tornar possível estas comparações, teve em conta a metodologia de Avaliação de Impacte Ambiental, fatores normalizados pela União Europeia, combinando estes métodos numa análise multicritério, o que torna de certa forma indispensável a necessidade de um especialista para estabelecer estas comparações, ou então a criação de um teto de valores para atribuir às magnitudes de cada tipo de impacte ambiental.

Para concluir, espera-se que com esta metodologia ou outra semelhante, seja possível ajudar as empresas a clarificar as opções que têm à sua disposição, permitindo-lhes fazer a melhor escolha para o trabalho que têm a realizar, tendo em conta o material que provoca a menor pegada ambiental. Através da utilização deste método possibilita-se a redução de emissões, pouco a pouco fazendo a diferença, diminuindo a pegada ecológica gerada pela construção civil.

6.3 DESENVOLVIMENTO FUTURO

Tendo em conta as dificuldades encontradas na realização desta tese, considerou-se que a sustentabilidade na construção civil ainda deve ser foco de investimento e investigação.

Os maiores problemas identificados ao longo da dissertação que merecem especial atenção são os seguintes:

- Aumento da transparência das empresas relativamente aos inputs/outputs dos processos de produção do produto;
- Melhorar as bases de dados e permitir a sua personalização nos programas de referência para realizar Avaliações de Ciclo de Vida;
- Otimizar a uniformização das Declarações Ambientais do Produto, de forma a ser possível estabelecer critérios de comparação entre diferentes declarações;
- Criar incentivos para as empresas realizarem o certificado ambiental do produto ou facilitar o acesso às ferramentas e métodos que o permitem fazer;
- Criação de uma entidade que regule ou conduza as Avaliações de Ciclo de Vida;
- Investigação da relevância dos diferentes impactes ambientais e estabelecimento de prioridades na redução das emissões geradas no ciclo de vida do produto;
- Desenvolvimento de métodos precisos que permitam uma representação numérica e comparável com impactes distintos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] (2016).Disponível: <http://file.scrip.org/Html/5-3500128%5Ca3bac29e-9129-46d1-8fdd-e25e4e250bcc.jpg>
- [2] J. I. D. S. MAIA. (2016). <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/67920/2/47522.pdf>. Disponível: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/67920/2/47522.pdf>
- [3] "http://www.scielo.br/img/revistas/prod/2012nahead/aop_t6_0009_0533_f01.jpg," 2016.
- [4] W.Kopffler.(2016).Disponível: http://download.springer.com/static/pdf/44/art%253A10.1007%252FBF02986351.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2FBF02986351&token2=exp=1469500514~acI=%2Fstatic%2Fpdf%2F44%2Fart%25253A10.1007%25252FBF02986351.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252FBF02986351*~hmac=7a943dddf96a761ab3928bae3f270072fa48f74f06408c1c8c3dfdf6e2702874
- [5] (2016). Disponível: <http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>
- [6] "ISO 14040," ed, 2016.
- [7] M. Michael A. Nisbet. (2016). *Environmental Life Cycle Inventory of Portland Cement Concrete* Disponível: http://www.nrmca.org/taskforce/item_2_talkingpoints/sustainability/sustainability/sn2137a.pdf
- [8] (2016). Disponível: <http://www.environded.com/en/Detail/?Epd=9228>
- [9] (2016). Disponível: http://www.env.go.jp/en/wpaper/1998/images/09_1.jpg
- [10] (2016). Disponível: <http://www.scielo.br/img/revistas/cta/v34n3/13t02.jpg>
- [11] (2016).*Paredes de alvenaria.* Disponível: http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/1136_Paredes%20de%20Alvenaria.pdf
- [12] (2016). Disponível: http://www.aipe.es/img/po/ef_casa.jpg
- [13] "<https://cbic.org.br/sites/default/files/Apres%20Energia%20Roberto%20Lamberts%20jun10.pdf>," 2016.
- [14] (2016). *Weber saint-gobain.* Disponível: <http://www.weber.com.pt/home.html>
- [15] J. P. V. O. T. Sabarigo. (2016). *Contributo para a eficiência energética em obras de reabilitação de edifícios.* Disponível: https://run.unl.pt/bitstream/10362/7550/1/Sabarigo_2012.pdf
- [16] (2016). <http://celuloseonline.com.br/wp-content/uploads/2015/02/eficiencia.jpg>. Disponível: <http://celuloseonline.com.br/wp-content/uploads/2015/02/eficiencia.jpg>
- [17] Câmara Brasileira da Indústria da Construção. (2016). Disponível: <https://cbic.org.br/sites/default/files/Apres%20Energia%20Roberto%20Lamberts%20jun10.pdf>
- [18] "<http://docplayer.com.br/docs-images/25/4513055/images/21-0.png>," 2016.
- [19] (2016).Disponível: <http://www.fazfacil.com.br/wp-content/uploads/2013/07/jandira-300x225.jpg>
- [20] Prof. Inês Flores-Colen; Prof. João Ramôa Correia ; Eng.º Nuno Almeida; Eng.ª Adelaide Gonçalves. (2016). *Processo construtivo de paredes de alvenaria.* Disponível: http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/tc-cor/18%20Execucao_%20paredes%20alvenaria%20tijolo%20e%20blocos%20-%20COR.pdf
- [21] L. R. M. C. d. Silva. (2016). *Análise técnico/financeira de paredes exteriores em panos simples.* Disponível: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137448075/dissertacao.pdf>
- [22] UFRGS, 2016.
- [23] (2016). Disponível: http://www.ceramicauniao.net/web/fotos/blocos_ceramica_fig_zz00265e5d4c.png

- [24] EcoCasa. (2016). *TIJOLO CERÂMICO*. Disponível: http://www.ecocasa.pt/userfiles/file/TIJOLO_CERAMICO.pdf
- [25] (2016). Disponível: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/leroy-production/uploads/img/products/bloco_de_concreto_celular_autoclavado_60x30x12_5cm_p_recon__86242443_0001_600x600.jpg
- [26] ECivil.(2016). *Concreto Celular Autoclavado*. Disponível: http://www.ecivilnet.com/artigos/concreto_celular_autoclavado_cca.htm
- [27] Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (2016). *Blocos Celulares Autoclavado*. Disponível: http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/blocos_autoclavados.php#fabricacao
- [28] (2016). <https://i.ytimg.com/vi/iMi3pE8n1E0/maxresdefault.jpg>. Disponível: <https://i.ytimg.com/vi/iMi3pE8n1E0/maxresdefault.jpg>
- [29] EcoCasa. (2016). *BETÃO LEVE*. Disponível: http://www.ecocasa.pt/userfiles/file/BETAO_LEVE.pdf
- [30] (2016). Disponível: https://pbs.twimg.com/profile_images/480510904836956160/S1Czjed1.png
- [31] CML-Methode. (2016). <https://de.wikipedia.org/wiki/CML-Methode>. Disponível: <https://de.wikipedia.org/wiki/CML-Methode>
- [32] (2016). <http://community.oscedays.org/uploads/default/240/753a46fe9e799115.png>. Disponível: <http://community.oscedays.org/uploads/default/240/753a46fe9e799115.png>
- [33] (2016). http://www.openlca.org/image/image_gallery?uuiid=5a914d6d-0e93-495c-b79b-8de7b6996f03&groupId=22314&t=1390488707785. Disponível: http://www.openlca.org/image/image_gallery?uuiid=5a914d6d-0e93-495c-b79b-8de7b6996f03&groupId=22314&t=1390488707785
- [34] (2016). *Life Cycle Assessment and Forest Products: A White Paper*. Disponível: <https://www.pwc.com/gx/en/forest-paper-packaging/pdf/fpac-lca-white-paper.pdf>
- [35] Adriana Del Borghi. (2016). *LCA and communication: Environmental Product Declaration*. Disponível: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11367-012-0513-9?LI=true>
- [36] DAPHabitat. (2016). *Sistema DAPHabitat*. Disponível: http://daphabitat.pt/?page_id=179
- [37] DAPHabitat. (2016). *DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO*. Disponível: <https://drive.google.com/file/d/0B65HGleiwShaX3ZoSmxKdV9BUkU/view>
- [38] DAPHabitat. (2016). *REGRAS PARA A CATEGORIA DE PRODUTO (RCP) – MODELO BASE*. Disponível: <https://drive.google.com/file/d/0B65HGleiwShaUFVzS0gzXl6RzQ/view>
- [39] Danish Ministry of the Environment. (2016). *Impact categories, normalisation and weighting in LCA*. Disponível: <http://www2.mst.dk/udgiv/publications/2005/87-7614-574-3/pdf/87-7614-575-1.pdf>
- [40] Fórum da Construção. (2016) http://www.forumdaconstrucao.com.br/materias/imagens/00119_02.jpg.
- [41] UFRGS. (2016). <http://www.ufrgs.br/eso/content/up/Fig.02-Espa%C3%A7o-entre-alvenaria-e-estrutura-para-encunhamento.jpg>
- [42] "ISO 14042," ed, 2016.
- [43] "EN 998-2," ed, 2010.
- [44] "ISO 14044," ed, 2006.
- [45] "ISO 15804," ed, 2012.
- [46] "ISO 14025," ed, 2003.

Bibliografia elaborada com recurso ao *EndNote* com a formatação da NP405.

ANEXO 1

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA NO OPENLCA

Estes resultados foram obtidos utilizando o programa Open LCA, que foram utilizados como base para o preenchimento do modelo de Declaração Ambiental do Produto

RESULTADOS DO PROJETO: EXTRAÇÃO

INTRODUÇÃO

Os seguintes resultados deste projeto demonstrados, são um exemplo por defeito que nos permite visualizar os valores obtidos, e pode ser configurado no editor de projeto.

- Alterar o texto das secções;
- Adicionar e remover secções;
- Mover secções;
- Selecionar componentes visuais que irão ser demonstrados.

Nota: É possível utilizar elementos de HTML para formatar as secções de texto. Adicionalmente, pode-se exportar estes resultados como pagina de HTML, utilizando o botão “Export” na barra de ferramentas na visualização do projeto.

VARIANTES DO PROJETO

Esta tabela demonstra o nome e a descrição das variantes escolhidas nas definições do projeto. O nome das variantes, serão utilizadas em todos os gráficos e tabelas do relatório.

CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO DO INVENTARIO DE CICLO DE VIDA

A Tabela abaixo, permite-nos visualizar as categorias selecionadas da Avaliação do Inventario do Ciclo de Vida para a aplicação do método do projeto. Adicionalmente pode ser adicionado o nome do utilizador assim como uma descrição do relatório.

Categoria de impacte	Unidade
Potencial de acidificação – Média Europeia	kg SO2-Eq
Potencial de aquecimento global - GWP 100a	kg CO2-Eq
Toxicidade humana - HTP 100a	kg 1,4-DCB-Eq
Oxidação fotoquímica - NOx POCP	kg etileno-Eq
Depleção da camada do ozono - ODP 40a	kg CFC-11-Eq
Ecotoxicidade terrestre - TAETP 100a	kg 1,4-DCB-Eq

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

Esta tabela demonstra os resultados das variantes da Avaliação do Inventário do Ciclo de Vida.

Cada categoria é representada nas linhas e as variantes do projeto nas colunas, e a unidade é definida pelo método escolhido.

Categoria de impacto	Opção1	Unidade
Potencial de acidificação – Média Europeia	5.48479e-2	kg SO2-Eq
Potencial de aquecimento global - GWP 100a	5.20125e-1	kg CO2-Eq
Toxicidade humana - HTP 100a	9.09957e-1	kg 1,4-DCB-Eq
Oxidação fotoquímica - NOx POCP	3.37158e-3	kg etileno-Eq
Depleção da camada do ozono - ODP 40a	4.00555e-7	kg CFC-11-Eq
Ecotoxicidade terrestre - TAETP 100a	1.30964e-3	kg 1,4-DCB-Eq

RESULTADOS DO PROJETO: TRANSPORTE PARA PRODUÇÃO

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

Categoria de impacto	Opção1	Unidade
Potencial de acidificação – Média Europeia	2.31038e-2	kg SO2-Eq
Potencial de aquecimento global - GWP 100a	3.96633e+0	kg CO2-Eq
Toxicidade humana - HTP 100a	6.01579e-1	kg 1,4-DCB-Eq
Oxidação fotoquímica - NOx POCP	7.53632e-4	kg etileno-Eq
Depleção da camada do ozono - ODP 40a	5.01335e-7	kg CFC-11-Eq
Ecotoxicidade terrestre - TAETP 100a	6.94943e-4	kg 1,4-DCB-Eq

RESULTADOS DO PROJETO: PRODUÇÃO

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

Categoria de impacto	Opção1	Unidade
Potencial de acidificação – Média Europeia	3.29430e-1	kg SO2-Eq
Potencial de aquecimento global - GWP 100a	3.66726e+2	kg CO2-Eq
Toxicidade humana - HTP 100a	1.09432e+1	kg 1,4-DCB-Eq
Oxidação fotoquímica - NOx POCP	1.33073e-1	kg etileno-Eq
Depleção da camada do ozono - ODP 40a	8.48370e-7	kg CFC-11-Eq
Ecotoxicidade terrestre - TAETP 100a	1.72607e-6	kg 1,4-DCB-Eq

RESULTADOS DO PROJETO: TRANSPORTE PARA UTILIZAÇÃO

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

Categoria de impacto	Opção1	Unidade
Potencial de acidificação – Média Europeia	1.54026e-2	kg SO2-Eq
Potencial de aquecimento global - GWP 100a	2.64422e+0	kg CO2-Eq
Toxicidade humana - HTP 100a	4.01052e-1	kg 1,4-DCB-Eq
Oxidação fotoquímica - NOx POCP	5.02421e-4	kg etileno-Eq
Depleção da camada do ozono - ODP 40a	3.34223e-7	kg CFC-11-Eq
Ecotoxicidade terrestre - TAETP 100a	4.63295e-4	kg 1,4-DCB-Eq

RESULTADOS DO PROJETO: RESÍDUOS

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

Categoria de impacto	Opção1	Unidade
Potencial de acidificação – Média Europeia	3.29430e-2	kg SO2-Eq
Potencial de aquecimento global - GWP 100a	3.69371e+2	kg CO2-Eq
Toxicidade humana - HTP 100a	1.09432e+1	kg 1,4-DCB-Eq
Oxidação fotoquímica - NOx POCP	1.33073e-1	kg etileno-Eq
Depleção da camada do ozono - ODP 40a	1.18514e-6	kg CFC-11-Eq
Ecotoxicidade terrestre - TAETP 100a	1.72607e+1	kg 1,4-DCB-Eq

ANEXO 2



Número de registo:



Número de registo na ECOPlatform:

NOME DO PRODUTO/ CLASSE DE PRODUTO

Data de emissão:

Data de validade:

NOME DO PRODUTOR/ASSOCIAÇÃO/TITULAR DA DECLARAÇÃO

Imagem do produto

Dimensões máximas: 9,40 cm x 16,75 cm

Nota: se as dimensões da imagem não corresponderem às dimensões pretendidas, esta deverá ser tratada. A imagem do produto poderá ter dimensões inferiores às especificadas.

Logo do requerente

Altura: 2,40 cm



VERSÃO 1.1. EDIÇÃO JULHO 2015

Índice

1. INFORMAÇÕES GERAIS	1
1.1. SISTEMA DE REGISTO DAPHABITAT	1
1.2. PROPRIETÁRIO	1
1.3. INFORMAÇÕES SOBRE A DAP	2
1.4. DEMONSTRAÇÃO DE VERIFICAÇÃO	2
1.5. REGISTO DA DAP	2
1.6. RCP DE REFERÊNCIA	3
1.7. INFORMAÇÕES SOBRE O PRODUTO/ CLASSE DE PRODUTO	4
2. DESEMPENHO AMBIENTAL DO PRODUTO	5
2.1. REGRAS DE CÁLCULO DA ACV	5
2.1.1. DIAGRAMA DE FLUXOS DE ENTRADA E SAÍDA DOS PROCESSOS	5
2.1.2. DESCRIÇÃO DA FRONTEIRA DO SISTEMA	6
2.2. PARÂMETROS QUE DESCREVEM OS POTENCIAIS IMPACTES AMBIENTAIS	7
2.3. PARÂMETROS QUE DESCREVEM A UTILIZAÇÃO DE RECURSOS	7
2.4. OUTRAS INFORMAÇÕES AMBIENTAIS QUE DESCREVEM DIFERENTES CATEGORIAS DE RESÍDUOS	9
2.5. OUTRAS INFORMAÇÕES AMBIENTAIS QUE DESCREVEM OS FLUXOS DE SAÍDA.....	10
3. INFORMAÇÃO TÉCNICA ADICIONAL E CENÁRIOS.10	
3.1. A4 TRANSPORTE PARA O LOCAL DA CONSTRUÇÃO – ETAPA DE CONSTRUÇÃO.....	10
3.2. A5 INSTALAÇÃO DO PRODUTO NO EDIFÍCIO - ETAPA DE CONSTRUÇÃO.....	10
3.3. B1 ETAPA DE UTILIZAÇÃO.....	11
3.4. B2 MANUTENÇÃO	11
3.5. B3 REPARAÇÃO	12
3.6. B4 SUBSTITUIÇÃO.....	12
3.7. B5 REABILITAÇÃO	13
3.8. B6 UTILIZAÇÃO DE ENERGIA (OPERACIONAL).....	13
3.9. B7 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA (OPERACIONAL).....	13
3.10. ETAPA DE FIM DE VIDA [C1 – C4]	14
3.11. INFORMAÇÃO AMBIENTAL ADICIONAL RELATIVA À LIBERTAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS	14
REFERÊNCIAS.....	XV

1. INFORMAÇÕES GERAIS

1.1. Sistema de registo DAPHabitat

Identificação do operador do programa:	Associação Plataforma para a Construção Sustentável www.centrohabitat.net centrohabitat@centrohabitat.net	 centroHabitat Plataforma para a Construção Sustentável
Localização:	Departamento Engenharia Civil Universidade de Aveiro 3810-193 Aveiro	
Endereço eletrónico:	geral@daphabitat.pt	
Contacto telefónico:	(+351) 234 401576	
Website:	www.daphabitat.pt	
Logótipo:		

1.2. Proprietário

Nome do proprietário:	(...) (nome da entidade ou grupo de entidades associadas)
Local de produção - Localização:	(...)
Localização (sede):	(...) se aplicável
Contacto telefónico:	(...) (indicar o contacto telefónico da pessoa responsável pelo processo de elaboração da DAP)
Endereço eletrónico:	(...) (indicar o endereço eletrónico geral da entidade e da pessoa responsável pelo processo de elaboração da DAP)
Website:	(...)
Logótipo:	(...)
Informação sobre Sistemas de Gestão aplicados:	(exemplo: certificada ISO 9001; ISO 14001...) se aplicável
Aspetos específicos relativos à produção:	(discriminar o CAE...)
Política ambiental da organização:	(...) se aplicável

1.3. Informações sobre a DAP

Autores:	(...)
Contacto dos autores:	(...)
Data de emissão:	(...)
Data de registo:	(...)
Número de registo:	(...)
Número de registo na ECOPlatform:	(...)
Válido até:	(...) (período de validade de 5 anos a contar desde a sua data de emissão)
Representatividade da DAP (local, produtor, grupo de produtores):	(...)
Onde consultar material explicativo sobre produto:	(...) se aplicável
Tipo de DAP:	(...) segundo os módulos de informação incluídos no estudo de ACV, de acordo com a fronteira do sistema de produto (ex.:DAP do berço ao portão)

1.4. Demonstração de verificação

Verificação externa independente, de acordo com as normas NP ISO 14025:2009 e EN 15804:2012+A1:2013	
Organismo de certificação	Verificador [20]
()	()

1.5. Registo da DAP

Operador de Programa de registo
()

1.6. RCP de referência

Nome:	(...)Modelo-base
Data de emissão:	(...)
Número de registo na base de dados:	(...)
Versão:	(...) (nova ou atualização)
Identificação e contacto do(s) coordenador[20]:	(...)
Identificação e contacto dos autores:	(...)
Composição do painel sectorial:	(...)
Período de consulta:	(...)
Válido até:	(...)

1.7. Informações sobre o produto/ classe de produto

Identificação do produto:	(...) (número do modelo, código, etc.)																		
Ilustração do produto:	<div> <div>Dimensões máximas:</div> <div>5,44 x 5,44 cm</div> </div>																		
Breve descrição do produto:	(...) (desde a sua composição, matérias-primas e/ou componentes e sua percentagem na constituição do produto; bem como a sua aparência final e dimensões. Neste ponto também se pode descrever sumariamente o processo de produção do produto)																		
Principais características técnicas do produto:	<p>Tabela 7: Características técnicas - exemplo</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Designação</th> <th>Valor</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistência Térmica</td> <td>0.19</td> <td>m².°C/w</td> </tr> <tr> <td>Condutibilidade Térmica</td> <td>0.074</td> <td>w/m². °C</td> </tr> <tr> <td>Resistência mecânica</td> <td>27</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td>etc</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota: estas informações são fictícias, mas podem ser obtidas através da ficha técnica do produto ou através da etiqueta da marcação CE dos produtos.</p>				Designação	Valor	Unidades	Resistência Térmica	0.19	m ² .°C/w	Condutibilidade Térmica	0.074	w/m ² . °C	Resistência mecânica	27	Mpa	etc		
Designação	Valor	Unidades																	
Resistência Térmica	0.19	m ² .°C/w																	
Condutibilidade Térmica	0.074	w/m ² . °C																	
Resistência mecânica	27	Mpa																	
etc																			
Descrição da aplicação do produto:	(...) Material integrante em paredes interiores ou exteriores, responsável pela separação do meio interior do exterior, e isolante acústico.																		
Vida útil de referência:	(...) 60 Anos																		
Colocação no mercado/ Regras de aplicação no mercado/ Normas técnicas do produto:	(...) se aplicável Deve mencionar-se a referência à marcação CE e as normas de ensaios relativas aos dados técnicos.																		
Controlo de qualidade:	(...) (informações sobre sistemas de controlo de qualidade, entre outros)																		
Condições especiais de entrega:	(...) (tendo como base de referência a normalização do produto e outras informações técnicas)																		
Componentes e substâncias a declarar:	(...) (informações sobre a declaração do conteúdo de componentes e substâncias químicas do produto que possam ser relevantes na caracterização do mesmo, abrangendo informação sobre materiais e substâncias que possam provocar um efeito nocivo na saúde humana e no ambiente, em todas as etapas do ciclo de vida. Deve ainda incluir informação sobre substâncias presentes na "Lista candidata", pelo menos quando o seu teor exceda o limiar necessário para a notificação de substâncias em artigos (concentração superior a 0,1% em massa (m/m)) junto da Agência Europeia dos Produtos Químicos (<i>European Chemicals Agency</i>)) <p>Tabela 8: Componentes e substância químicas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Nº CAS</th> <th>Perigoso para o ambiente</th> <th>Frases de risco</th> <th>Quantidade (kg/t produto)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Material	Nº CAS	Perigoso para o ambiente	Frases de risco	Quantidade (kg/t produto)										
Material	Nº CAS	Perigoso para o ambiente	Frases de risco	Quantidade (kg/t produto)															
Histórico de estudos de ACV:	(...) (breve resumo de estudos de ACV ou semelhantes realizados ao produto, se aplicável)																		

2.DESEMPENHO AMBIENTAL DO PRODUTO

2.1. Regras de cálculo da ACV

Unidade declarada:	(...) m ²
Unidade funcional:	(...) se aplicável
Fronteira do sistema:	(...) Sistema “cradle to grave”, assim sendo a fronteira inclui o processo de recolha de matéria prima, processamento e produção, utilização, eliminação de resíduos e todo o transporte entre as diferentes etapas.
Crítérios de exclusão:	(...) Falta de informação relevante a todo o processo de tratamento de resíduos.
Pressupostos e limitações	(...) as suposições e hipóteses relevantes utilizadas para a interpretação dos resultados da ACV devem ser aqui referidas, de um modo resumido.
Qualidade e outras características sobre a informação utilizada na ACV:	(...) breve descrição e caracterização da qualidade dos dados recolhidos e utilizados para o estudo de ACV do produto. Devem referir-se neste ponto as fontes dos dados utilizados.
Regras de alocação:	(...) as regras de alocação utilizadas devem ser aqui descritas e justificadas de acordo como documento RCP de referência utilizado para o estudo. Se aplicável.
Comparabilidade:	A DAP não vai ser comparável com outras semelhantes.

2.1.1. Diagrama de fluxos de entrada e saída dos processos

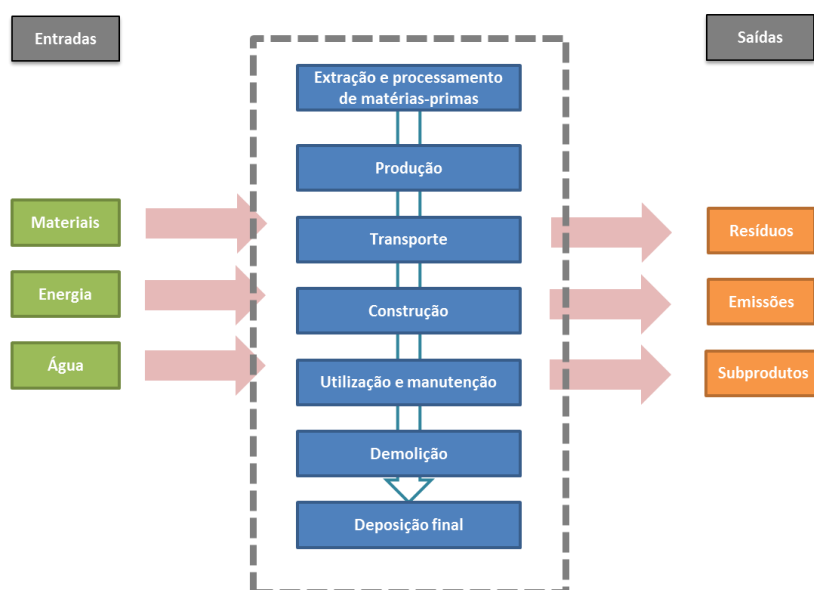


Figura 11: Exemplo das etapas do ciclo de vida e processos unitários do produto







2.1.2. Descrição da fronteira do sistema

(✓ = incluído; ✕ = módulo não declarado)

ETAPA DE PRODUÇÃO			ETAPA DE CONSTRUÇÃO		ETAPA DE UTILIZAÇÃO							ETAPA DE FIM DE VIDA				BENEFÍCIOS E CARGAS AMBIENTAIS PARA ALÉM DA FRONTEIRA DO SISTEMA
Extração e processamento de matérias-primas	Transporte	Produção	Transporte	Processo de construção e instalação	Utilização	Manutenção	Reparação	Substituição	Reabilitação	Uso de energia (operacional)	Uso de água (operacional)	Desconstrução e demolição	Transporte	Processamento de resíduos	Eliminação final	Potencial de reutilização, reciclagem e valorização
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
✓	✓	✓	✓	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✓	✕	✓	✕

Deve aqui incluir-se uma descrição detalhada das etapas do ciclo de vida do produto estudadas (a incluir na DAP), como no exemplo:

A **etapa de produção** de um produto cerâmico inclui as seguintes fases:

-  armazenagem de matérias-primas;
-  preparação da pasta;
-  moldagem por extrusão;
-  secagem;
-  cozedura;
-  escolha, embalagem e armazenamento.

2.2. Parâmetros que descrevem os potenciais impactos ambientais

		Aquecimento global kg CO ₂ equiv.	Depleção da camada do ozono kg CFC 11 equiv.	Acidificação kg SO ₂ equiv.	Oxidação fotoquímica kg C ₂ H ₄ equiv.	Toxicidade Humana kg Sb equiv.	Ecotoxicidade Terrestre MJ, P.C.I.
Extração e processamento matérias-primas	A1	5.20125e-1	4.00555e-7	5.48479e-2	3.37158e-3	9.09957e-1	1.30964e-3
Transporte	A2	3.96633e+0	5.01335e-7	2.31038e-2	7.53632e-4	6.01579e-1	6.94943e-4
Produção	A3	3.66721e+2	8.46876e-7	3.29430e-1	1.33073e-1	1.09432e+1	1.72607e-6
Total	Total						
Transporte	A4	2.64422e+0	3.34223e-7	1.54026e-2	5.02421e-4	4.01052e-1	4.63295e-4
Processo de construção e instalação	A5	0	0	0	0	0	0
Utilização	B1	0	0	0	0	0	0
Manutenção	B2	0	0	0	0	0	0
Reparação	B3	0	0	0	0	0	0
Substituição	B4	0	0	0	0	0	0
Reabilitação	B5	0	0	0	0	0	0
Uso de energia (operacional)	B6	0	0	0	0	0	0
Uso de água (operacional)	B7	0	0	0	0	0	0
Desconstrução e demolição	C1	X	X	X	X	X	X
Transporte	C2	3.96633e+0	5.01335e-7	2.31038e-2	7.53632e-4	6.01579e-1	6.94943e-4
Processamento de resíduos	C3	0	0	0	0	0	0
Eliminação final	C4	3.66722e-2	8.49425e-6	3.29430e-2	1.33073e-1	1.09432e+1	1.72607e+1
Potencial de reutilização, reciclagem e valorização	D	X	X	X	X	X	X

LEGENDA:

	Etapa de Produção
	Etapa de Construção
	Etapa de Utilização
	Etapa de Fim de Vida
	Benefícios e cargas ambientais para além da fronteira do sistema

NOTAS¹: P.C.I. – Poder calorífico inferior.

Unidades expressas por unidade funcional ou unidade declarada.

As etapas do ciclo de vida não consideradas no estudo podem ser eliminadas da tabela, através da função “eliminar linhas”.


Os valores a indicar na tabela devem ser apresentados com dois algarismos significativos ou notação científica. Esta representação numérica deverá ser uniforme para o mesmo indicador.


2.3. Parâmetros que descrevem a utilização de recursos


¹ Estas notas deverão ser eliminadas para apresentação do documento final.


		EPR	RR	TRR	EPNR	RNR	TRNR	MS	CSR	CSNR	Água doce
		MJ, P.C.I.	MJ, P.C.I.	MJ, P.C.I.	MJ, P.C.I.	MJ, P.C.I.	MJ, P.C.I.	kg	MJ, P.C.I.	MJ, P.C.I.	m³
Extração e processamento de matérias-primas	A1										
Transporte	A2										
Produção	A3										
Total	Total										
Transporte	A4										
Processo de construção e instalação	A5										
Utilização	B1										
Manutenção	B2										
Reparação	B3										
Substituição	B4										
Reabilitação	B5										
Uso de energia (operacional)	B6										
Uso de água (operacional)	B7										
Desconstrução e demolição	C1										
Transporte	C2										
Processamento de resíduos	C3										
Eliminação final	C4										
Potencial de reutilização, reciclagem e valorização	D										


LEGENDA:

 Etapa de Produção

 Etapa de Construção

 Etapa de Utilização

 Etapa de Fim de Vida

 Benefícios e cargas ambientais para além da fronteira do sistema

EPR = utilização de energia primária renovável excluindo os recursos de energia primária renováveis utilizados como matérias-primas; **RR** = utilização dos recursos de energia primária renováveis utilizados como matérias-primas; **TRR** = utilização total dos recursos de energia primária renováveis (EPR + RR); **EPNR** = utilização de energia primária não renovável, excluindo os recursos de energia primária não renováveis utilizados como matérias-primas; **RNR** = utilização dos recursos de energia primária não renováveis utilizados como matérias-primas; **TRNR** = Utilização total dos recursos de energia primária não renováveis (EPNR + RNR); **MS** = utilização de material secundário; **CSR** = utilização de combustíveis secundários renováveis; **CSNR** = utilização de combustíveis secundários não renováveis; **Água doce** = utilização do valor líquido de água doce.

NOTA²: Unidades expressas por unidade funcional ou unidade declarada.

As etapas do ciclo de vida não consideradas no estudo podem ser eliminadas da tabela, através da função “eliminar linhas”.

Os valores a indicar na tabela devem ser apresentados com dois algarismos significativos ou notação científica. Esta representação numérica deverá ser uniforme para o mesmo indicador.

² Estas notas deverão ser eliminadas para apresentação do documento final.

2.4. Outras informações ambientais que descrevem diferentes categorias de resíduos

		Resíduos perigosos eliminados	Resíduos não perigosos eliminados	Resíduos radioativos eliminados
		kg	kg	kg
Extração e processamento de matérias-primas	A1			
Transporte	A2			
Produção	A3			
Total	Total			
Transporte	A4			
Processo de construção e instalação	A5			
Utilização	B1			
Manutenção	B2			
Reparação	B3			
Substituição	B4			
Reabilitação	B5			
Uso de energia (operacional)	B6			
Uso de água (operacional)	B7			
Desconstrução e demolição	C1			
Transporte	C2			
Processamento de resíduos	C3			
Eliminação final	C4			
Potencial de reutilização, reciclagem e valorização	D			

LEGENDA:

Etapa de Produção

Etapa de Construção

Etapa de Utilização

Etapa de Fim de Vida

Benefícios e cargas ambientais para além da fronteira do sistema

NOTAS³: Unidades expressas por unidade funcional ou unidade declarada.

As características que tornam os resíduos perigosos são descritas na legislação aplicável em vigor, por exemplo, na Diretiva-Quadro Europeu de Resíduos.

As etapas do ciclo de vida não consideradas no estudo podem ser eliminadas da tabela, através da função “eliminar linhas”.

Os valores a indicar na tabela devem ser apresentados com dois algarismos significativos ou notação científica. Esta representação numérica deverá ser uniforme para o mesmo indicador.

³ Estas notas deverão ser eliminadas para apresentação do documento final.

2.5. Outras informações ambientais que descrevem os fluxos de saída

Parâmetro	Unidades*	Resultados
Componentes para reutilização	kg	
Materiais para reciclagem	kg	
Resíduos radioativos eliminados	kg	
Materiais para recuperação de energia	kg	
Energia exportada	MJ por transportador de energia	
* expressas por unidade funcional ou unidade declarada		

3. INFORMAÇÃO TÉCNICA ADICIONAL E CENÁRIOS

3.1. A4 Transporte para o local da construção – Etapa de construção

Parâmetro	Unidades*	Resultados
Tipo de combustível, consumo de combustível, tipo de veículo usado para o transporte (por exemplo, caminhão de longadistância, barco, etc.)	Litro de combustível por distância, tipo de veículo, Diretiva 2007/37/EC (European Emission Standard)	
Distância	km	
Capacidade do contentor (incluindo a viagem de volta sem carga)	% (carga útil)	
Densidade dos produtos transportados	kg/m ³	
Fator de capacidade em volume (fator=1 ou < 1 ou >1 para produtos comprimidos ou embalados)	Não aplicável	
* expressas por unidade funcional ou unidade declarada		

3.2. A5 Instalação do produto no edifício - Etapa de construção

Parâmetro	Unidades*	Resultados
Materiais acessórios para instalação (especificado por material)	kg ou outras unidades, conforme apropriado	
Uso de água	m ³	
Utilização de outros recursos	kg	
Descrição quantitativa de fontes de energia (mix regional) e do consumo durante o processo de instalação	kWh ou MJ	
Resíduos de materiais no local da obra antes do processamento de resíduos gerados pela instalação do produto (especificado por tipo)	kg	
Saída de materiais (especificado por tipo) como resultado do processamento de resíduos no local da obra, por exemplo de recolha para reciclagem, valorização energética, eliminação	kg	
Emissões diretas para o ar ambiente, solo e água	kg	
* expressas por unidade funcional ou unidade declarada		

3.3. B1 Etapa de Utilização

(Informação relevante sobre a utilização do produto) se aplicável

3.4. B2 Manutenção

Processo de manutenção		(Descrição ou local onde se pode encontrar a informação)
Processo	Unidades*	Resultados
Ciclo de manutenção	Número de ciclos por vida útil de referência ou por ano	
Materiais auxiliares para manutenção, p. exemplo, detergentes de limpeza	kg/ciclo	
Resíduos resultados de operações de manutenção (especificar os materiais)	kg	
Água doce consumida durante a manutenção	m ³	
Consumos de energia durante as operações de manutenção, p. exemplo, na limpeza a vácuo	kWh	
Descrição de outros cenários a considerar ⁴	Unidade apropriada	
* expressas por unidade funcional ou unidade declarada		

⁴ Caso não sejam descritos mais cenários, esta linha deverá ser eliminada no documento final.

3.5. B3 Reparação

Processo de reparação (Descrição ou local onde se pode encontrar a informação)

Processo de inspeção (Descrição ou local onde se pode encontrar a informação)

Processo	Unidades*	Resultados
Ciclo de reparação	Número de ciclos por vida útil de referência ou por ano	
Materiais auxiliares, p. ex., lubrificantes, especificar os materiais	kg ou kg/ciclo	
Resíduos resultantes do processo de reparação (especificar tipo de materiais)	kg	
Água consumida durante os processos de reparação	m ³	
Consumo de energia durante as reparações, como operações com maquinaria, etc.	kWh/ vida útil de referência, kWh/ciclo	
Descrição de outros cenários a considerar ⁵	Unidades apropriadas	
* expressas por unidade funcional ou unidade declarada		

3.6. B4 Substituição

Processo	Unidades*	Resultados
Ciclo de substituição	Número de ciclos por vida útil de referência ou por ano	
Consumos de energia durante as substituições de material, como operações com maquinaria, etc.	kWh	
Troca de peças desgastadas durante o ciclo de vida útil do produto, por exemplo, zinco, chapas de aço galvanizado	kg	
Descrição de outros cenários a considerar ⁵	Unidades apropriadas	
* expressas por unidade funcional ou unidade declarada		

⁵ Caso não sejam descritos mais cenários, esta linha deverá ser eliminada no documento final.

3.7. B5 Reabilitação

Processo de reabilitação (Descrição ou local onde se pode encontrar a informação)

Processo	Unidade*	Resultados
Ciclo de reabilitação	Número de ciclos por vida útil de referência ou por ano	
Consumos de energia durante as operações de reabilitação, como operações com maquinaria, etc.	kWh	
Consumo de materiais de reabilitação, como tijolos, incluindo outros materiais auxiliares para o processo, lubrificantes, etc.	kg ou kg/ciclo	
Resíduos resultantes de operações de reabilitação	kg	
Outros pressupostos para o desenvolvimento de cenários, como frequência e tempo, período de utilização, número de ocupantes ⁶	Unidades apropriadas	
* expressas por unidade funcional ou unidade declarada		

3.8. B6 Utilização de energia (operacional)

Parâmetros	Unidades*	Resultados
Materiais acessórios especificados por kg de material	kg ou unidades apropriadas	
Consumo de água doce	m ³	
Tipo de recurso energético, por exemplo, eletricidade, gás natural	kWh	
Potência de equipamentos	kW	
Característica de desempenho, por exemplo, eficiência energética, emissões, a variação de desempenho com a capacidade de utilização etc.	Unidades apropriadas	
Pressupostos adicionais para a elaboração de cenários, por exemplo, frequência e período de uso, número de ocupantes ⁶	Unidades apropriadas	
* expressas por unidade funcional ou unidade declarada		

3.9. B7 Utilização da água (operacional)

Parâmetros	Unidades*	Resultados
Materiais acessórios especificados por kg de material	kg ou unidades apropriadas	
Consumo de água doce	m ³	
Tipo de recurso energético, por exemplo, eletricidade, gás natural	kWh	
Potência de equipamentos	kW	
Característica de desempenho, por exemplo, eficiência energética, emissões, a variação de desempenho com a capacidade de utilização etc.	Unidades apropriadas	
Pressupostos adicionais para a elaboração de cenários, por exemplo, frequência e período de uso, número de ocupantes ⁶	Unidades apropriadas	
* expressas por unidade funcional ou unidade declarada		

⁶ Caso não sejam descritos mais cenários, esta linha deverá ser eliminada no documento final.

3.10. Etapa de Fim de Vida [C1 – C4]

Parâmetros	Unidades*	Resultados
Processos de recolha especificados por tipo	kg recolhidos separadamente	
	kg recolhidos no mix dos resíduos de construção	
Sistema de recuperação especificado por tipo	kg para reutilização	
	kg para reciclagem	
	kg para recuperação de energia	
Deposição final especificada por tipo	kg de produto ou material para deposição final	
Suposições para desenvolvimento de cenários (ex.: transporte) ⁷	Unidades apropriadas	
Definição de cenário ⁷	Unidades apropriadas	
* expressas por unidade funcional ou unidade declarada		

3.11. Informação ambiental adicional relativa à libertação de substâncias perigosas

Título do cenário	Parâmetros	Unidades*	Resultados
Cenário de emissões para o ar interior	Resultados dos testes de acordo com a CEN/TC 351		
	Descrição do cenário 1 ⁷	Unidades apropriadas	
	Descrição do cenário n ⁷	Unidades apropriadas	
Cenário de libertação para o solo	Resultados dos testes de acordo com a CEN/TC 351		
	Descrição do cenário 1 ⁷	Unidades apropriadas	
	Descrição do cenário n ⁷	Unidades apropriadas	
Cenário de libertação para a água	Resultados dos testes de acordo com a CEN/TC 351	(...)	
	Descrição do cenário 1 ⁷	Unidades apropriadas	
	Descrição do cenário n ⁷	Unidades apropriadas	
* expressas por unidade funcional ou unidade declarada			
Nota: Sempre que existam normas horizontais relativas à medição da libertação de substâncias perigosas regulamentadas utilizando métodos de ensaio harmonizados de acordo com as disposições dos Comitês Técnicos responsáveis pelas Normas Europeias de produtos ou regulamentação nacional.			

⁷ Caso não sejam descritos mais cenários, esta linha deverá ser eliminada no documento final.

REFERÊNCIAS

- ✓ **Instruções Gerais do Sistema DAPHabitat**, Versão 1.0, Outubro 2012 (em www.daphabitat.pt);
- ✓ **RCP – modelo base para produtos e serviços de construção**. Sistema DAPHabitat. Versão 1.0, 2013 (em www.daphabitat.pt);
- ✓ **NP ISO 14025:2009** Rótulos e declarações ambientais – Declarações ambientais Tipo III – Princípios e procedimentos;
- ✓ **EN 15804:2012** Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products;
- ✓ **EN 15942:2011** Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Communication format business-to-business.